



ارزیابی احتمال موفقیت طرح فرار، تخلیه و نجات در شرایط اضطراری در دستگاه‌های حفاری متحرک فراساحلی با استفاده از روش ETA (مطالعه‌ی موردی دکل‌های حفاری دریایی خلیج فارس)

سعید گیوه‌چی • دانشگاه تهران

حمید ایمان‌زاده فرد^۱، محمدرضا میری لواسانی • دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

اطلاعات مقاله

* دریافت:

۹۴/۵/۱۷

* ارسال برای داوری:

۹۴/۵/۲۴

* پذیرش:

۹۴/۶/۱۴

واژگان کلیدی

تخلیه

فرار و نجات

آنالیز درخت رویداد

آنالیز درخت خطا

سازمان جهانی دریانوردی

قایق‌های نجات^۷

TEMPSC^۸

در مواقع بروز خطر جدی در دستگاه‌های حفاری دریایی، عملیات EER نقشی حیاتی در حفظ جان کارکنان ایفا می‌کند. با توسعه‌ی صنعت حفاری دریایی و تجربه‌ی حوادث مختلف، سکوهای حفاری دریایی ملزم به رعایت مقررات سازمان IMO^۱ شدند که بر اساس این قوانین دستگاه‌های حفاری دریایی جهت آمادگی در شرایط اضطراری به تجهیزات ویژه‌ای مجهز گردیدند. با وجود این تجهیزات و رعایت قوانین MODU CODE^۲ که در سازمان IMO و مخصوص سازه‌های حفاری متحرک دریایی تدوین شده، روند بروز حوادث در طول عملیات تخلیه، فرار و نجات در دریا کاهش نیافته و حتی در مواقعی افزایش هم داشته است. تصویب برخی قوانین در زمینه‌ی تجهیزات EER پس از حوادث، خود سبب بروز حوادث دیگری در حین برگزاری مانورها، تمرین‌ها و تعمیرات این تجهیزات شده است. بررسی این سیر تاریخی منجر به تشخیص نیاز صنعت حفاری دریایی به مطالعه‌ی جامع در زمینه‌ی شرایط اضطراری و روش‌های مدیریت این شرایط می‌شود. در این مقاله با توجه به عدم امکان آزمایش این تجهیزات در شرایط اضطراری، سعی شده توانایی و محدودیت قایق‌های نجات (به این دلیل که قابل اعتمادترین و در دسترس‌ترین تجهیزات از بین تمامی تجهیزات در شرایط اضطراری هستند) بررسی شود. این بررسی با استفاده از ابزار ETA^۳ و سایر ابزارهای مکمل نظیر FTA^۴ و RBD^۵ انجام شده و قابلیت اطمینان این تجهیزات در شرایط اضطراری اندازه‌گیری می‌شود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که شرایط آب و هوایی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در عملکرد این تجهیزات است و سایر عوامل از جمله نقص در نگهداری و تعمیرات و آموزش در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در پایان نیز راه‌کارهایی جهت افزایش قابلیت اطمینان این تجهیزات در شرایط اضطراری پیشنهاد شده است.

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (HamidImanzadeh@gmail.com)

نیاز عملیاتی دستگاه، سبب دشواری تخلیه و عدم امکان فرار افراد در شرایط اضطراری شده است. همچنین فضای محدود دستگاه و طبقاتی بودن قسمت استراحت کارکنان سبب دشواری موقعیت‌یابی در زمان‌های اضطراری شده است. مشکلات حادث شده در دریای شمال و نظرات مختلف در خصوص بهترین شیوه‌های EER (از جمله استفاده از قایق‌های نجات سقوط آزاد^۱) که از ارتفاع ۲۵ متری به داخل آب رها می‌شوند سبب ترس و وارد آمدن فشار زیادی به نفرات در زمان برخورد با آب می‌شود. استفاده از قایق‌های نجات دارای کابل و قرقره که به آرامی به سمت آب هدایت می‌شوند از مواردی است که خلاء تحقیق در این زمینه را نشان می‌دهد. حوادث بزرگ رخ داده در سکوهای حفاری دریایی سبب کشته شدن تعداد زیادی از کارکنان در طول عملیات تخلیه، فرار و نجات شده است [۲]. در سال ۱۹۸۰ در حادثه‌ی Alexander Kielland دریای شمال تعداد ۱۲۳ نفر به دلیل فرورفتن دستگاه حفاری در آب و ناتوانی افراد در خروج از سکو کشته شدند. در سال ۱۹۸۸ حادثه‌ی دستگاه حفاری Ocean Ranger سبب کشته شدن تمامی کارکنان سکو گردید. همچنین در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۷۰ تعداد ۱۲۳ حادثه در سکوهای حفاری و سایر سازه‌های دریایی رخ داد که منجر به از دست رفتن جان ۱۳۰۰ نفر شد.

۲- شرایط اضطراری در دریا

- شرایط اضطراری^۱: براساس ISO-15544 (سال ۲۰۰۰)، بخشی از روند تکوین یک حادثه است که پس از آن زندگی انسان‌ها، اموال و تجهیزات به خطر می‌افتد.
- تخلیه^۱: عبارت است از روش برنامه‌ریزی شده جهت ترک سازه یا محل در شرایط اضطراری
- فرار^۲: عبارت است از اقدام پرسنل جهت جابجایی و دور شدن از رویدادهای خطرناک به محلی که اثرات کاهش یافته یا حذف شوند.
- نجات^۳: عبارت است از روشی که توسط آن افرادی که به طور مستقیم یا توسط قایق و شناورها وارد دریا شده‌اند به نحوی باز یابی شده و به محلی که امکانات و تجهیزات پزشکی در دسترس است هدایت شوند.

بر اساس تعریف (Cullen 1990, HSE, 1977):

الف) تخلیه عبارت است از روش برنامه‌ریزی شده جهت ترک سازه یا محل در شرایط اضطراری، بدون ورود مستقیم به دریا. تخلیه‌ی موفق یعنی جابجایی نفرات به خشکی، منطقه یا سازه‌ی دریایی امن، کشتی یا شناورهای ایمن و دور از حادثه و هلیکوپتر، پل ارتباطی و قایق‌های نجات در این طبقه‌بندی قرار می‌گیرند.

یکی از بخش‌های مهم در مدیریت HSE پیش‌بینی شرایط اضطراری، مدیریت این شرایط، نحوه‌ی برون‌رفت از آن و پیشگیری از بروز بحران است. صنایع مختلف حساسیت‌های متفاوتی دارند که در این میان پیش‌بینی شرایط اضطراری در صنایع دریایی از ارکان اصلی کار در این صنعت است. ماهیت کار در دریا همواره خطر از دست دادن سرپناه و قرار گرفتن سرنوشت در دست امواج خروشان را یادآوری می‌کند. اگر صنعت حفاری پرخطرترین صنعت در میان تمامی صنایع نباشد قطعاً پرخطرترین و غیرقابل پیش‌بینی‌ترین صنعت در بین صنایع نفت و گاز است. با وجود رعایت استانداردهای پیش‌رو، آمار حوادث در این زمینه نشانگر این واقعیت است که از سال ۱۹۶۳ تعداد ۱۸۳ مورد حادثه در فعالیتهای مختلف حفاری ثبت شده است (به‌طور میانگین هر سال ۳ حادثه). تعداد کل مرگ و میر در این ۱۸۳ حادثه ۱۰۸۲ نفر بوده است (به‌طور میانگین ۶ نفر فوتی در هر حادثه) [۱].

زمانی که صنعت حفاری به منظور استخراج منابع هیدروکربنی از دل دریا با صنعت دریایی ترکیب می‌شود، احتمال بروز حوادث و وقوع بحران دوچندان می‌شود. در حفاری‌های خشکی اگر حادثه‌ای غیرقابل کنترل رخ دهد می‌توان با پای پیاده از محل حادثه دور شد. اما در دریا، تنها امید رهایی از حادثه، وجود امکانات و برنامه‌های پیش‌بینی شده است؛ چراکه ورود به دریا بدون تجهیز و پناه، آغاز مواجهه با خطراتی جدید است. بنابراین کار و توسعه‌ی فعالیت در این صنعت مستلزم به کارگیری ابزار، طرح‌ها و تجهیزاتی است که در زمان خطر بتوان با استفاده از آنها به راحتی و در کمترین زمان ممکن از محل حادثه دور شد. EER (تخلیه، فرار و نجات) واژه‌ای است که در صنایع دریایی کاربرد دارد و تجهیزاتی نظیر هلیکوپتر، قایق‌های نجات، شناورهای نجات و ... با این کلمات معنی می‌شوند. به همین دلیل در پژوهش حاضر سعی شده شرایط ویژه‌ی سکوهای حفاری دریایی و حوادث ثبت شده در جریات EER که در کشورمان کمتر مورد توجه قرار گرفته ارزیابی شده و جهت ارتقاء سطح EER پیشنهادهای عملی ارائه گردد.

۱- ضرورت پیش‌بینی طرح‌های تخلیه، فرار و نجات در سکوهای دریایی

به دلیل وجود منابع نفتی در دریا، نیاز روزافزون به حفاری دریایی سبب پیچیدگی فنی، عملیاتی و همچنین افزایش ریسک صنعت حفاری شده است. سازه‌های دریایی (فراساحلی) با توجه به نیاز صنعت حفاری دریا طراحی شده‌اند و پس از آن و با توجه به طراحی این سازه‌ها، امکانات و تجهیزات حفظ جان با آنها تطبیق داده شده است. ارتفاع زیاد محل کار نفرات از سطح آب (۵۰-۲۵ متر) به دلیل



ب) فرار: عبارت است از ترک سازه در شرایط اضطراری در زمانی که سیستم پیش‌بینی شده‌ی تخلیه دچار شکست شده و عمل نمی‌کند. این روش که در واقع آخرین راه جهت ترک سازه است ممکن است شامل ورود مستقیم به دریا باشد. روش‌هایی مانند استفاده از شناورهای نجات، سیستم شوتینگ و نردبان در این طبقه‌بندی قرار می‌گیرند.

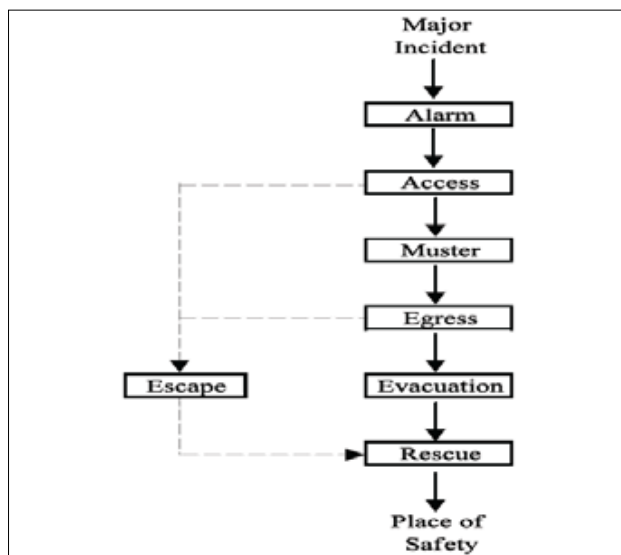
۳- حوادث منجر به شرایط اضطراری

خطراتی که در سازه‌های فراساحلی حفاری می‌توانند منجر به شرایط اضطراری شوند [۳] به شرح زیر هستند:

- فوران چاه (گازهای سطحی و مخزن) قابل اشتعال و غیرقابل اشتعال
- نشت گاز قابل اشتعال و غیرقابل اشتعال
- آتش‌سوزی و انفجار تجهیزات
- آتش در محدوده‌ی استراحت
- سقوط و برخورد هلیکوپتر با سازه
- برخورد شناورها و سایر اجسام متحرک با سازه
- برهم خوردن تعادل سازه
- برهم خوردن پایه‌های دستگاه
- آب و هوای طوفانی

بر اساس (OGP – Report No. 434 – 19) به‌طور کلی EER در سازه‌های دریایی طبق نمودار شکل ۱- انجام می‌شود؛ چه در زمان تخلیه و چه در هنگام فرار، مراحل به‌ترتیب زیر آغاز می‌شوند:

- حادثه‌ی بزرگ
- اعلام شرایط اضطراری توسط آلام دستگاه
- حرکت از محل کار و استراحت به سمت محل تجمع



شکل ۱ | مراحل EER در سازه‌های دریایی

- جمع شدن در محل تجمع
 - حرکت از محل تجمع به سمت محل خروج از سکو
 - فرار یا تخلیه
 - نجات و اسکان در محل امن
- به‌همین دلیل با بهره‌گیری از این الگو مراحل مختلف شناسایی و تحلیل می‌شود. جهت شناسایی نیز از حوادث مختلف و گزارش‌های موجود استفاده شده است.

۴- روش آنالیز درخت رویداد و تئوری فازی

آنالیز درخت رویداد یک روش آنالیز (تحلیلی) قوی جهت شناسایی و ارزیابی رشته‌ی حوادث زنجیره‌ای در سناریویی با پتانسیل حادثه از نقطه‌ی آغازین است. این روش، ساختاری درختی دارد که دیدی روشن و منطقی ارائه می‌دهد. هدف این روش تعیین چگونگی بسط و گسترش رویدادی آغازین به سناریوی شکست یا موفقیت عملکرد سیستم‌های ایمنی یا روش‌های اجرایی طراحی شده در یک سیستم است. این روش یکی از زیرمجموعه‌های روش SD-HAT^{۱۴} است. مدل ETA احتمال نتایج طراحی در مسیر عملیات در قسمت‌هایی که طراحی صحیح انجام نشده یا ایمنی عملیات ناکافی است را نشان می‌دهد. مقصود از ETA ارزیابی تمامی خروجی‌های ممکن در نتیجه‌ی رویداد آغازین است. نتایج بسیار متفاوتی در نتیجه‌ی رویداد آغازین رخ می‌دهد که به چگونگی عملکرد درست یا نادرست سیستم‌های ایمنی در زمان‌های مورد نیاز وابسته است [۴].

انجام ETA امکان یک تحلیل احتمالی ریسک^{۱۵} را فراهم نموده و ریسک‌های مشارکت‌کننده در هر پتانسیل خروجی را مشخص می‌کند. این روش می‌تواند به‌عنوان سیستمی بکر یا سیستم‌هایی شامل زیرمجموعه‌ای با عمر تجهیزات، مورد استفاده قرار گیرد. این مدل که روش‌های اجرایی، نرم‌افزار، خطاهای انسانی و محیط را مدل‌سازی می‌کند می‌تواند در مراحل و سطوح مختلف نظیر طراحی مفهومی، طراحی جزئیات و سطوح بالای کار استفاده شود. این روش در صنایع مختلف از قبیل صنایع اتمی و شیمیایی نیز استفاده می‌شود [۵].

درک مقدماتی از FTA و ETA و تئوری احتمال^{۱۶} نیازی اساسی جهت گسترش این مدل است. همچنین CCA^{۱۷} روشی مشابه روش ETA است و انجام درخت خطاهای متعدد می‌تواند نتایجی شبیه به یک درخت رویداد داشته باشد. در واقع آنالیز درخت رویداد پتانسیل، نتایج متعددی از یک رویداد را فراهم می‌نماید؛ در حالی که آنالیز درخت خطا دلایل متعددی که سبب یک خروجی شده را مطالعه می‌کند.

۵- روش کار

هدف این مقاله ارزیابی کمی EER در سکوه‌های حفاری فراساحلی است. بنابراین جهت ارزیابی احتمال موفقیت تخلیه، فرار و نجات در

فرار و نجات در این مرحله، از مقالات و استانداردهای مختلف استفاده شده است. در مرحله‌ی چهارم قایق‌های نجات جهت بررسی انتخاب و کارکرد آنها در شرایط اضطراری مدنظر قرار گرفت. در این مرحله، از گزارش حوادث ثبت شده در این زمینه استفاده گردید. در مرحله‌ی پنجم عوامل شکست تجهیز، شناسایی و تأثیر عوامل آب و هوایی بر آن بررسی شد. در مرحله‌ی ششم درخت رویداد با استفاده از آنالیز رویدادهای زنجیره‌ای پس از تصمیم‌گیری در مورد تخلیه‌ی سکو رسم گردید. در این مرحله مراحل مختلف مؤثر بر کارکرد تجهیز بررسی شد. دلیل استفاده از ETA در این مرحله، توانایی این روش در ارزیابی کمی و همچنین توانایی بررسی زنجیره‌ای اتفاقاتی است که می‌تواند در طول زمان استفاده از تجهیز رخ دهند. با توجه به هدف مطالعه‌ی حاضر، از بین روش‌های کیفی، این روش برای تحقیق مدنظر بسیار مناسب است. به همین دلیل در این مقاله تصمیم به تخلیه به عنوان یک IE در نظر گرفته شده که استفاده از هر تجهیز می‌تواند خروجی‌های بسیار مختلفی داشته باشد و به این دلیل نمی‌توان از روش FTA استفاده کرد. در روش FTA فقط یک خروجی متصور است؛ و آن شکست و خطاست؛ در حالی که در این مقاله به دنبال خروجی‌های مختلف از رخدادهای مختلف هستیم. در مرحله‌ی ششم، اعداد موفقیت از منابع مختلف اخذ می‌شوند. در مرحله‌ی هفتم اگر اعداد موفقیت موجود نباشند برای این مسیرها درخت خطا رسم می‌شود. در مرحله‌ی هشتم در صورت موجود نبودن اعداد برای درخت خطا از روش فازی استفاده می‌گردد. در مرحله‌ی نهم احتمال کلی هر شاخه محاسبه می‌شود. در مرحله‌ی دهم اگر تجهیز در سکو مشابه داشته باشد برای به دست آوردن عدد احتمال تجهیز موازی از روش RBD استفاده می‌شود. در مرحله‌ی آخر نیز مواردی جهت افزایش قابلیت اطمینان در شرایط اضطراری و تخلیه پیشنهاد خواهد شد.

۶- انتخاب قایق‌های نجات و ارزیابی این تجهیز در شرایط اضطراری

به استناد گزارش تحقیقاتی RR report 559 در سناریوهای شرایط اضطراری در مناطق فلات قاره‌ی انگلستان، پس از هلیکوپتر، قایق‌های نجات یا TEMPSC، قابل اعتمادترین وسیله هستند. این مورد قابل تعمیم به منطقه‌ی خلیج فارس نیز هست. زمان مورد نیاز جهت رسیدن هلیکوپتر و همچنین محدودیت ظرفیت آن سبب ارجحیت قایق‌های نجات نسبت به هلیکوپتر در زمینه‌ی قابلیت دسترسی شده است. قابلیت حرکت و مانور مستقل قایق نجات و سرعت تخلیه‌ی نفرات توسط این وسیله سبب برتری آن نسبت به شناور نجات شده است.

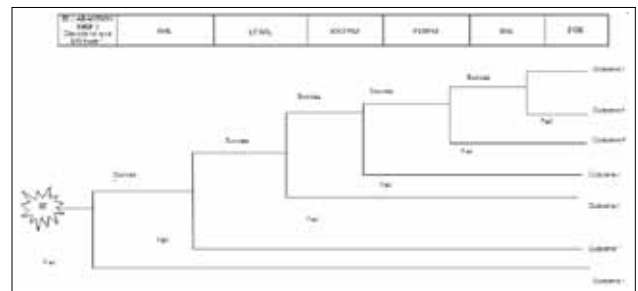
شناورهای نجات معمولاً به آب انداخته می‌شوند و سپس نفرات باید خود را به آن برسانند. با توجه به ارتفاع سکو از آب و همچنین

سکوهای دریایی با توجه به راهنمایی RPA مراحل زیر انجام می‌شود.

- شناسایی خطرات و رویدادهای آغازین
- شناسایی موانع ایمنی
- ردیابی زنجیره‌ی احتمال رویدادها
- کمی کردن تمامی احتمال‌ها و شدت‌ها
- جمع‌بندی احتمال و شدت‌ها و محاسبه‌ی ریسک‌ها

در مقاله‌ی حاضر در ابتدا حوادث منجر به شرایط اضطراری شناسایی شد. این ارزیابی با توجه به عملیات جاری سکو، سابقه‌ی حوادث مشابه در صنعت و ارزیابی ریسک انجام شده صورت پذیرفته است. پس از این مرحله مراحل مختلف EER در سکو شناسایی شد (مانورهای مختلف EER در سکوهای حفاری مبنای این شناسایی قرار گرفته است). سپس شرایط منجر به ترک سکو مشخص شد که در این مرحله راهنمای IADC و Norsok مبنای کار قرار گرفت. همچنین در این مرحله، از سابقه‌ی حوادث منجر به ترک سکو استفاده شد. در مرحله‌ی دوم تجهیزات مورد استفاده در شرایط اضطراری جهت تخلیه، فرار و نجات شناسایی شد. در این مرحله از استانداردهای موجود و همچنین حداقل نیازمندی‌های توصیه شده توسط استانداردها استفاده شده است. در مرحله‌ی سوم کارکرد هر تجهیز مشخص شده و تجهیزات مقایسه و طبقه‌بندی می‌شوند. از نظر دسترسی و همچنین رده‌بندی قرار گرفتن در رده‌های تخلیه،

نام اختصاری نقص	نام کامل نقص	شرح
IML	Inadequate Maintenance Of lifeboats	نقص در نگهداری و تعمیرات سیستم قرقرها، ترمز و سایر تجهیزات
LFWL	Lack of Familiarity With lifeboats	عدم آموزش پرسنل مورد نیاز جهت کار با قایق‌های نجات
IOORM	Inadvertent Operation of On-load release Mechanism;	نقص سیستم رهاکننده‌ی اتوماتیک قایق‌های نجات و رها شدن ناخواسته در ارتفاع
FORM	Failure of On-load release Mechanism	نقص سیستم رهاکننده‌ی اتوماتیک قایق‌های نجات و رها نشدن
BW	Bad Weather	آب و هوای بد
FOE	Fail of Engine	کار نکردن موتور



۲ | درخت رویداد مورد مطالعه



سیم‌ها در ۱۲ حادثه ۲ نفر جان خود را از دست داده‌اند و ۱۹ نفر نیز زخمی شده‌اند که استفاده از کابل‌هایی با قابلیت کششی، جوشکاری بی‌کیفیت و عملیات حرارتی نامناسب علل اصلی این حوادث بوده است.

در حالت کلی تعمیر و نگهداری قسمت‌های مختلف قایق‌های نجات و تجهیزاتی نظیر کابل‌ها، سیستم ترمز و کنترل از راه دور سبب موفقیت کارکرد این تجهیز در شرایط اضطراری است و عدم برنامه‌ریزی تعمیرات سبب شکست و خطای تجهیزاتی در زمان مورد نیاز خواهد شد [۷].

پس از سوار شدن نفرات در قایق نجات، مرحله‌ی پایین فرستادن قایق توسط نفرات درون آن انجام می‌شود. این قابلیت وجود دارد که قرقره به‌صورت کنترل از راه دور توسط کابلی که از سقف وارد قایق شده و سر دیگر آن به سیستم رهاکننده‌ی قرقره‌ی ترمز متصل است آزاد شده و قایق با نیروی وزن خود به آرامی به سمت دریا پایین برود. علاوه بر آن می‌توان این عمل را توسط اهرم رهاکننده و از بیرون قایق روی سازه نیز انجام داد. همچنین این قابلیت وجود دارد که به‌وسیله‌ی ترمز دستگاه قایق را در هر ارتفاعی روی هوا معلق نگه داشت. در شرایط اضطراری فرض بر این است که تمامی نفرات سکو داخل قایق هستند و از آنجا اقدام به پایین فرستادن قایق می‌کنند.

تفاوت عمده‌ی سیستم قرقره و وینچ قایق‌های نجات در سکوها، حفاری و کشتی‌ها، در سیستم نگهدارنده‌ی قایق است که این سیستم در کشتی‌ها بازوی متحرک و در سکوها حفاری بازوی ثابت است. در کشتی‌ها به‌دلیل امکان حرکت نباید زائده یا بیرون‌زدگی وجود داشته باشد. در سیستم بازوی متحرک این قابلیت وجود دارد که بازوها به داخل کشتی جمع شوند. برای این کار بازوی متحرک به برنامه‌ی تعمیر و نگهداری خاصی نیاز دارد که پیچیده‌تر از برنامه‌ی تعمیر و نگهداری بازوی ثابت است. در واقع بازوی ثابت سازه‌ای است که قایق نجات با کابل به آن متصل است.

بالا آمدن قایق توسط موتور انجام می‌شود که با توجه به موضوع موفقیت در شرایط اضطراری این مورد خارج از بحث است. تجهیزات مربوط به پایین فرستادن قایق عبارتند از:

- کابل نگهدارنده و قرقره‌ها
- سازه‌ی نگهدارنده‌ی کابل
- کابل ریموت کنترل

سیستم ترمز به‌صورت دائم از پایین رفتن قایق جلوگیری می‌کند. با حرکت اهرم به‌سمت پایین ترمز رها شده و قایق با سرعت کنترل‌شده‌ی ناشی از گیربکس‌های درام به‌سمت پایین حرکت می‌کند. موتور دستگاه وظیفه‌ی بالا آوردن قایق را بر عهده دارد و برای پایین رفتن از نیروی وزن قایق استفاده می‌شود.

عدم اطمینان از کارکرد نردبان‌های موجود، این شناورها به‌عنوان وسیله‌ی فرار طبقه‌بندی می‌شوند و قرار گرفتن در آب و رسیدن به آن اجتناب‌ناپذیر است.

قایق‌های نجات با ظرفیت ۲۰۰ درصد جمعیت مستقر در سکو، در دسترس‌ترین و سریع‌ترین وسیله‌ی ممکن جهت تخلیه سکو هستند. بنابراین قایق نجات در دسترس‌ترین و قابل‌اعتمادترین وسیله در شرایط اضطراری است و به همین دلیل جهت ارزیابی انتخاب شد.

۷- ترمیم درخت واقعه در زمان استفاده از قایق‌های نجات

با استفاده از گزارش MSC.1/Circ.1206/Rev.1 سال ۲۰۰۹ در نشست ۸۵، پیرو جلسه‌ی قبلی در سال ۲۰۰۶، حوادث مربوط به قایق نجات بررسی و پنج عامل مهم شناسایی شد که با توجه به دسته‌بندی و در نظر گرفتن وضعیت آب و هوای خلیج فارس این عوامل به شش دسته تقسیم می‌شوند.

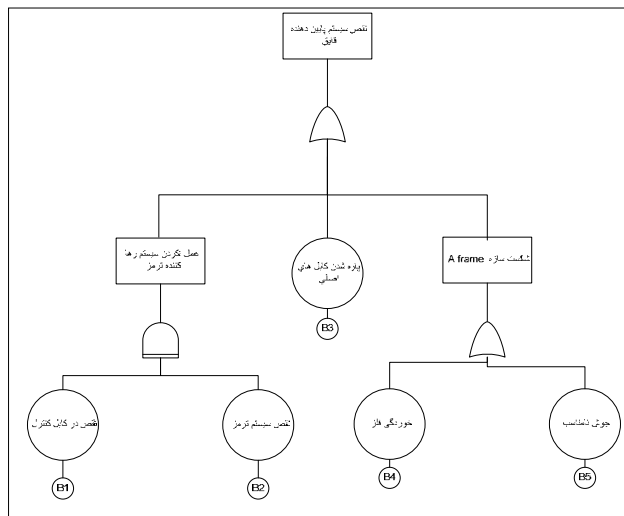
۸- محاسبه‌ی احتمال شکست و موفقیت در درخت رویداد

جهت محاسبه از منابع OREDA استفاده می‌گردد که برای آن از گزارش‌های مختلف OGP،UKAS استفاده شده است. جهت محاسبه‌ی احتمال موفقیت شاخه‌ها می‌توان با محاسبه‌ی احتمال شکست هر شاخه با استفاده از روش FTA و کسر آن از عدد یک به عدد احتمال موفقیت شاخه‌ها رسید. [۶].

۸-۱- ترمیم درخت خطا و به‌دست آوردن اعداد از منابع

۸-۱-۱- شاخه‌ی IML^{۱۸}

در گزارش MAIB^{۱۹} در سیستم وینچ، ۱۰ حادثه رخ داده که ۲ کشته و ۵ مجروح در پی داشته است. همچنین در خصوص کابل‌ها و



۱۳ | درخت خطا شاخه‌ی IML

همان طور که در شکل ۲- مشخص است موتور و درام در یک راستا هستند و ترمز توسط رابط به درام متصل شده است.

۸-۱-۲- محاسبه کمی درخت خطا

الف) به دست آوردن امکان شکست از قضاوت متخصصان به منظور محاسبه احتمال شکست هر یک از رویدادهای پایه در درخت خطا لازم است در ابتدا نظر متخصصان دریافت شده و سپس با استفاده از منطق فازی احتمال شکست محاسبه گردد. بدین منظور سه نفر متخصص فعال در صنعت نفت و گاز و حوزه حفاری، دریانوردی و تعمیرات انتخاب شدند که بر اساس مشخصات هر فرد، وزنی به او اختصاص یافت و پس از اخذ نظر آنها در جداول اعداد شکست محاسبه شد.

همان طور که در جدول ۲- مشخص شده اعداد موفقیت و شکست در شرایط آب و هوایی ماه‌های ذکر شده به ترتیب ۰/۶ و ۰/۴ است. این مورد مؤثرترین عامل در عدد موفقیت کلی است.

نتیجه گیری

اگر شرایطی پیش بیاید که ناگزیر از تخلیه‌ی سکو باشیم؛ یعنی IE حادث شود احتمال موفقیت ترک سکو در بدترین شرایط آب و هوایی و عملیاتی معادل ۰/۰۰۴۸ است که این عدد بسیار کوچک نشان‌دهنده‌ی پایین بودن قابلیت اطمینان این تجهیز در شرایط بد آب و هوایی است.

حال اگر تنها عدد احتمال موفقیت تجهیزات را در بدترین شرایط آب و هوایی و عملیاتی به دست آوریم بدون اعمال عدد احتمال IE ۰/۰۳۲ برای یک قایق و عدد ۰/۰۶۲۹ برای دو قایق حاصل می‌شود. نتیجه این است که قابلیت اطمینان این تجهیز در شرایط بد آب و هوایی بسیار پایین است.

این عدد برای بدترین شرایط آب و هوایی محاسبه شده است؛ یعنی در هوایی با سرعت باد ۸۴-۵۰ کیلومتر در ساعت (معادل ۲۷-۴۶ Knot یا معادل ۲۴-۱۴ متر بر ثانیه).

اگر با شرایط یکسان در دریای آرام عدد موفقیت محاسبه شود (یعنی از عدد موفقیت ۰/۸ استفاده گردد) احتمال موفقیت برای یک قایق ۰/۲۵۸ و برای دو قایق ۰/۴۴ است که ۴۰ درصد قابلیت اطمینان را نشان می‌دهد.

با توجه به جداول، در خوش‌بینانه‌ترین حالت عدد موفقیت در ماه‌های مختلف در خلیج فارس ۰/۶ و در بدبینانه‌ترین حالت ۰/۱ است که محاسبات آن در جداول بالا انجام شده است.

در این جداول ردیف آخر احتمال موفقیت بدون اعمال عدد IE است. در محاسبات انجام شده پس از وضعیت آب و هوا، کمترین عدد احتمال مربوط به شاخه‌ی LFWL است. این عدد که از منابع اخذ

شده، نشان‌دهنده‌ی اهمیت خطای انسانی است. آموزش و آشنایی پرسنل با نحوه‌ی کارکرد قایق‌های نجات می‌تواند به بهبود وضعیت کمک نماید. در رتبه‌ی بعدی، شاخه‌ی FOE قرار دارد که این عدد نیز از منابع اخذ شده است. در رتبه‌ی بعد نیز شاخه‌ی FORM با عدد ۰/۸ (اخذ شده از منابع) قرار می‌گیرد. در رتبه‌های بعدی شاخه‌های IML و IOORM قرار دارند که هر دو عدد با استفاده از روش FTA و نظر متخصصان اخذ شده‌اند و اعداد کوچکی هستند. کوچک بودن اعداد محاسبه شده به دلیل نقص عملکرد این سیستم، علاوه بر اثرگذاری در شرایط اضطراری، در زمان انجام مانورها نیز می‌تواند حادثه‌ساز شود.

پیشنهادهایی جهت افزایش استفاده از قایق‌های نجات

با توجه اینکه استفاده از قایق‌های نجات مسیری است که مراحل موفقیت آن در زنجیره‌ی سری قرار دارند و جهت موفقیت استفاده از قایق‌های نجات باید تمامی مراحل و ابزارها درست عمل کنند تا در نهایت عملیات تخلیه با موفقیت انجام گردد، در ادامه جهت بهبود عملکرد تمامی مراحل پیشنهادهایی ارائه می‌شود.

■ افزایش احتمال موفقیت در شاخه‌ی IML

در این شاخه احتمال بروز نقص‌های مختلفی وجود دارد که جهت افزایش ضریب اطمینان راه‌حل‌های موجود در استانداردها و راهنمای کارخانه و همچنین پیشنهادی ارائه می‌شود:

الف) شکست سازه؛ در این خصوص آزمایش‌های سالیانه‌ی معمول در زمینه‌ی جوش و زنگ‌زدایی و رنگ‌آمیزی مرتب پیشنهاد می‌شود.

ب) پارگی کابل اصلی؛ بازدید چشمی ماهیانه، روغن کاری مرتب و تعویض پنج‌ساله‌ی کابل در مواقعی که کابل شکستگی و زدگی خارج از محدوده‌ی استانداردهای موجود دارد بسیار مؤثر است.

ج) عمل نکردن سیستم ترمز؛ وزنه‌ی متصل به کابل کنترل‌کننده باید به گونه‌ای باشد که در زمان ترک قایق به صورت مانع عمل نکند و به راحتی از کابل داخل قایق جدا شود. همچنین تعویض لقمه‌های ترمز و بازدید چشمی مسیر کابل کنترل‌کننده از نکات مهم در این زمینه هستند. استفاده از سیستم ترمز ABS در ساخت قایق‌های نجات نیز پیشنهاد می‌شود.

■ افزایش احتمال موفقیت در شاخه‌ی LFWL

شاخه‌ی LFWL در رتبه‌ی دوم ضعیف‌ترین شاخه قرار دارد که در این زمینه ارائه‌ی آموزش با استانداردهای OPITO20 و افزایش تعداد شرکت کنندگان نفرات در دوره‌ی Coxswain مفید است. همچنین انجام مرتب مانورهای ترک دستگاه نیز مؤثر خواهد بود. با ارائه‌ی آموزش حین



و عدد موفقیت کل با استفاده از هوک‌های جدید طراحی شده برای یک قایق می‌تواند به ترتیب به ۰/۹۹ و ۰/۲۲ ارتقاء یابد.

مانور می‌توان عدد موفقیت را تا ۰/۹ ارتقاء داد که در این صورت بدون محاسبه‌ی IE احتمال موفقیت یک قایق به عدد ۰/۴۳ ارتقاء می‌یابد.

■ افزایش احتمال موفقیت در شاخه‌ی FORM

در این زمینه بازدید و تعمیرات پیشگیرانه‌ی مرتب می‌تواند عدد موفقیت را بهبود دهد.

■ افزایش احتمال موفقیت در شاخه‌ی BW

ضعیف‌ترین شاخه در درخت رویداد با عدد موفقیت ۰/۱ مربوط به BW است. در حالی که در خصوص استفاده از قایق‌های سقوط آزاد این عدد در آب و هوای یکسان به ۰/۷۵ ارتقاء می‌یابد.

■ افزایش احتمال موفقیت در شاخه‌ی FOE

در این زمینه تعمیرات، بازدیدها و چک‌لیست‌های ماهیانه مفید است و سبب ارتقاء عدد موفقیت خواهد شد. ■

■ افزایش احتمال موفقیت در شاخه‌ی IOORM

استفاده از تجهیز FPD^{۱۱}؛ این تجهیز طوری تهیه شده که نیروی وزن را به‌خوبی تحمل می‌کند و در حالی که به‌راحتی با چاقو یا ابزاری تیز بریده می‌شود یکی از هوک‌های ثابت قایق را به قلاب کابل متصل کرده و اطمینان می‌دهد که هوک و قلاب‌ها به‌صورت ناخواسته رها نخواهند شد. در حین مانورها حوادث بسیاری اتفاق افتاده که هوک به‌صورت ناخواسته باز شده است. این تجهیز طوری طراحی شده که در صورت آزاد شدن ناخواسته‌ی هوک‌ها از سقوط قایق جلوگیری می‌کند و هنگامی که قایق در آب است به‌راحتی می‌توان قلاب آنرا آزاد کرد. در آب و هوای طوفانی در صورت باز نشدن کارابین تجهیز می‌توان این تسمه را به‌راحتی با ابزار تیز پیش‌بینی شده در داخل قایق برید و قایق را رها کرد. در این صورت احتمال موفقیت

۲ | احتمال رویداد شاخه‌های مختلف درخت رویداد (در ماه‌های ژوئیه، اوت، سپتامبر و اکتبر در بدترین شرایط آب و هوایی این ماه‌ها)

	IE	IML	LFWL	IOORM	FORM	BW	FOE	Total Number
Out come 1	0.00761	0.9960	0.6	0.8676	0.8	0.6	0.78	3.4E-1
Out come 2	0.00761	0.9960	0.6	0.8676	0.8	0.6	0.22	3.1E-2
Out come 3	0.00761	0.9960	0.6	0.8676	0.8	0.4		2.84E-3
Out come4	0.00761	0.9960	0.6	0.8676	0.2			7.8E-4
Out come 5	0.00761	0.9960	0.6	0.1324				6E-4
Out come 6	0.00761	0.9960	0.4					3E-3
Out come 7	0.00761	0.0039						2.9E-5
Out come 1 with out IE		0.9960	0.6	0.8676	0.8	0.6	0.78	1E-19

پانویس‌ها

- 1 Escape, Evacuation, Rescue
- 2 International Maritime Organization
- 3 Mobile Offshore Drilling Unit
- 4 Event Tree Analysis
- 5 Falt Tree Analysis
- 6 Reliability Block Diagram
- 7 Life Boat
- 8 Totally Enclosed Motor Propelled Survival Craft
- 9 Free fall
- 10 Emergency case
- 11 Evacuation
- 12 Escape
- 13 Rescue
- 14 System Design Hazard Analysis Techniques for System Safety
- 15 PRA
- 16 Probability
- 17 Cause-Consequence Analysis
- 18 Inadequate of Maintenance of life boat
- 19 Marine Accident Investigation Branch
- 20 Offshore Petroleum Industry Training Organisation
- 21 Fall Protection Devise

منابع

- [1] Http://Www.Home.Versatei.Ni/The_Sirms/Rig/Losses , 1993 ,03,02
- [2] Jon Espen Skogdalen A, , Jahon Khorsandi B, Jan Erik Vinnem, 2011, Evacuation, Escape, And Rescue Experiences From Offshore Accidents Including The Deepwater Horizon , Journal Of Loss Prevention In The Process Industries 25 (2012) 148 E158
- [3] Internationalassociation Of Drilling Contractors (Iadc) , 2009
- [4] Andrews, J.D. And Dunnett, S.J., 2000. Event-Tree Analysis Using Binary Decision Diagrams. Ieee Transactions On Reliability, 49 (2), Pp 230239-
- [5] Aiche., 2000. Guidelines For Chemical Process Quantitative Risk Analysis (Second Edition). Aiche, New York.
- [6] Ogp Risk Assessment Data Directory, Report No. 434 – 19 March 2010
- [7] Marine Accident Investigation Branch , Report No 132001/