Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 5, Issue 2, Summer 2018, Pages: 28-38

Original Article

doi: 10.21859/johe.5.2.28

Assessment of Human Error Probability in Emergency Evacuation Using HEPI Method in Offshore Industry

Hasti Borgheipour[1], Ghazaleh Monazami Tehrani[2], Davoud Eskandari[3], Mohammad Ranjbar Golmohammadi[4], Iraj Mohammadfam[5,*]

[1] *Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
[2] *Assistant Professor, Department of Environmental Health and Safety, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[3] *Assistant Professor, Department of Industrial Safety, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[4] *MSc Student, Department of Health, Safety, and Environment, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran*
[5] *Professor, Department of Occupational Health Engineering, Occupational Safety and Health Research Institute, School of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

**** Corresponding Author:** Iraj Mohammadfam, Department of Health, Safety, and Environment Management, Occupational Health and Safety Research Institute, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*
Email: mohammadfam@umsha.ac.ir

Received: 09/07/2018
Accepted: 13/09/2018

How to Cite this Article:
Borgheipour H, Monazami Tehrani Gh, Eskandari D, Ranjbar Golmohammadi M, Mohammadfam I. Assessment of Human Error Probability in Emergency Evacuation Using HEPI Method in Offshore Industry. *J Occup Hyg Eng.* 2018; 5(2): 28-38. DOI: 10.21859/johe.5.2.28

Abstract

Background and Objective: Offshore emergency operations are one of the most potentially hazardous incidents. Considering the major role of human factors in this operation, human error assessment is necessary in this section. The aim of this study was to evaluate human error levels in emergency evacuation conditions using Human Error Probability Index method (HEPI).
Materials and Methods: This research was conducted on 17th and 18th alpha platforms in South Pars region. To collect data, the ranked aggregation questionnaire was used for the HEPI index with regard to event factors, stress, complexity, climate conditions, training, and individuals' experiences.
Results: The results showed that the risk of returning process to the safe mode, the activity of immunizing the environment, moving the way to the emergency exits, the identification of emergency exits and registering the names in Temporary Safe Refuge (TSR) were unacceptable. The corrective actions, such as training, repairing, using safety signs, preparing and delivering emergency response plans, and training the personnel, were carried out and confirmed within an acceptable range.
Conclusion: According to the results of this study, conducting more maneuvers with respect to their feedback can be effective in reducing the risk of reaction in emergency evacuation. In addition, a tool such as HEPI can also provide a better understanding of the concept of human error.

Keywords: Emergency Evacuation Conditions; Human Error; Human Error Probability Index

مقاله پژوهشی

doi: 10.21859/johe.5.2.28

ارزیابی احتمال خطای انسانی در شرایط اضطراری با استفاده از روش HEPI در صنعت فراساحل

هستی برقعی پور[۱]، غزاله منظمی تهرانی[۲]، داوود اسکندری[۳]، محمد رنجبر گل محمدی[۴]، ایرج محمدفام[۵،*]

[۱] استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

[۲] استادیار، گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

[۳] استادیار، گروه ایمنی صنعتی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

[۴] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

[۵] استاد قطب علمی- آموزشی بهداشت حرفه ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* **نویسنده مسئول:** ایرج محمدفام، گروه مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست HSE، قطب علمی- آموزشی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. ایمیل: mohammadfam@umsha.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: عملیات اضطراری فراساحل از جمله عملیاتی هستند که دارای پتانسیل خطر بالایی در بروز حوادث می‌باشند. با توجه به نقش عمده عوامل انسانی در این عملیات، ارزیابی خطاهای انسانی در این بخش ضروری می‌باشد. در این ارتباط، در پژوهش حاضر به ارزیابی سطوح خطای انسانی در شرایط تخلیه اضطراری با استفاد از روش HEPI (Human Error Probability Index) پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها: مطالعه حاضر در سکوهای ۱۷ و ۱۸ آلفای منطقه پارس جنوبی انجام شد. به‌منظور گردآوری داده‌ها، پرسشنامه رتبه‌بندی‌شده تجمع برای شاخص HEPI بر مبنای فاکتورهای رویداد، استرس، پیچیدگی، شرایط جوی، آموزش و تجربه افراد تکمیل گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ریسک فعالیت‌های برگرداندن فرایند به حالت ایمن، فعالیت ایمن‌سازی محیط، حرکت در امتداد راه خروج، گزینش مسیر خروج و ثبت اسامی در TSR (Temporary Safe Refuge) غیرقابل‌قبول می‌باشد. با انجام اقدامات اصلاحی از قبیل آموزش، تعمیرات، استفاده از تابلوهای ایمنی، تهیه و ارائه طرح واکنش در شرایط اضطراری و آموزش آن به کارکنان، فعالیت‌های مذکور در محدوده قابل قبول قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: بر مبنای نتایج حاصل از این مطالعه، برگزاری مانورهای بیشتر با توجه به بازخوردهای آن‌ها می‌تواند در کاهش ریسک واکنش در تخلیه اضطراری مؤثر باشد. علاوه‌براین، ابزاری مانند HEPI می‌تواند درک بهتری را نسبت به مفهوم خطاهای انسانی ایجاد نماید.

واژگان کلیدی: خطای انسانی؛ شاخص احتمال خطای انسانی؛ شرایط تخلیه اضطراری

مقدمه

با توجه به ماهیت خشن و پیچیدگی محیط‌های کاری در صنعت فراساحل، بروز حوادث در این محیط‌ها می‌تواند منجر به ایجاد پیامدهای ناگواری شود. اهمیت وقفه کاری، تجمع و تخلیه در شرایط اضطراری را می‌توان به وضوح در حوادث گذشته مورد ارزیابی قرار داد [۱،۲]. خطای انسانی نقش مؤثری در بروز حوادث دارد و یکی از دلایل اصلی و عمده حوادث در صنایع با ریسک بالا می‌باشد [۳-۵]. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که خطای انسانی در محیط‌های کاری پیچیده صنعت فراساحل یکی از مهم‌ترین دلایل بروز حادثه است [۱]. عوامل انسانی نقش عمده‌ای در عملیات اضطراری فراساحل و انجام موفقیت‌آمیز این عملیات دارند. اهمیت عوامل انسانی در عملیات فراساحل به واسطه گزارش‌های متعدد منتشرشده در زمینه ایمنی طی سال‌های گذشته به وضوح نشان داده شده است. از این گزارش‌ها می‌توان به‌عنوان نقشه راه جهت درنظرگرفتن و اعمال اصول فاکتورهای انسانی در طراحی، توسعه و عملیات سیستم فراساحل استفاده کرد [۷-۹]. خطاهای انسانی نقش مهمی در بروز حوادث در صنعت فراساحل دارند و گاهی اوقات نقش برجسته‌ای را در حوادث به واسطه اقدامات مستقیم و یا طراحی ضعیف بازی

می‌نمایند [۶]. خطای انسانی از اهمیت ویژه‌ای در عملیات دریایی با توجه به پیچیدگی محیط کار برخوردار است و در این میان، سکوهای دریایی پتانسیل قابل توجهی در بروز حوادث دریایی دارند [۹،۱۰]. تاکنون روش جامعی جهت برآورد احتمال خطای انسانی (HEPs) در ارتباط با اقدامات مهم رخداده در وضعیت اضطراری سکوهای فراساحل تدوین نشده است. براساس مقررات قانونی نیز تعریف واضح و مشخصی برای برشمردن ملاحظات خطای انسانی در سیستم‌های مدیریت یا ارزیابی ریسک وجود ندارد که دلیل این امر می‌تواند فقدان ابزار سنجش قابلیت اطمینان انسانی (HRA: Human Reliability Assessment) قابل دسترس باشد. شایان ذکر است که احتمال وقوع خطای انسانی به عوامل تأثیرگذار بر عملکرد فرد (PSFs: Performance Shaping Factors) بستگی دارد؛ بنابراین، ابزار برآورد خطای انسانی باید به تحلیل‌گر اجازه دهد تا ویژگی‌های کار، محیط فیزیکی، محیط سازمانی و ویژگی‌های اپراتور را در نظر بگیرد. Jung و Kim در سال ۲۰۰۳ در مطالعه خود به نقش PSFs به‌عنوان یک فاکتور مهم جهت برآورد تحلیل قابلیت اطمینان انسانی وظایف انجام‌شده در شرایط اضطراری اشاره کردند [۱۱]. اگرچه برخی از مطالعات در ارتباط با روش‌های سنجش احتمال خطاهای انسانی صورت گرفته‌اند؛ اما تنها تعداد کمی از این تکنیک‌ها را می‌توان در ارزیابی ریسک در شرایط عملی مورد استفاده قرار داد [۱۲]. تکنیک‌هایی که به‌عنوان ابزاری جهت برآورد HEPs پیشنهاد شده و به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند، عبارت هستند از: HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique) (تکنیک ارزیابی و کاهش خطای انسانی)، THERP (Technique for Human Error Rate Prediction) (تکنیک پیش‌بینی میزان خطای انسانی) و SLIM (Success Likelihood Index Methodology) (روش شاخص احتمال موفقیت). این روش‌ها اغلب به بررسی خطاها و عوامل انسانی می‌پردازند [۷،۹،۱۲]. باید خاطرنشان ساخت که بیشتر مطالعات به‌منظور برآورد کمی احتمال وقوع خطای انسانی از روش SLIM به همراه قضاوت کارشناسان (به‌عنوان مثال THERP و HEART) استفاده می‌کنند [۷،۹،۱۴].

Paul و همکاران در مطالعه خود شاخص احتمال خطاهای انسانی (HEPI) را براساس تکنیک SLIM به‌عنوان چهارچوبی برای پیش‌بینی احتمال خطای انسانی در یک سکوی نفتی دریایی توسعه دادند [۱۵]. روش HEPI می‌تواند برای کاهش احتمال خطای انسانی در شرایط اضطراری و ارزیابی اولیه سطح خطر مورد استفاده قرار بگیرد [۶،۱۵]. این شاخص احتمال خطای فعالیت‌های انجام‌شده در شرایط اضطراری را از طریق مجموعه‌ای از گراف‌های مرجع تعیین می‌نماید. داده‌های ورودی به این گراف‌ها از طریق تکمیل پرسشنامه توسط فرد پس از اجرای مانور شرایط اضطراری جمع‌آوری می‌گردند.

روش HEPI با رویکردی کمی و پویا به ترویج نگرشی منسجم در راستای ارزیابی فاکتورهای انسانی در فرایند تجمع هنگام بروز شرایط اضطراری کمک می‌کند. شاخص احتمال خطای انسانی، رویکردی کمی و پویا جهت محاسبه فاکتورهای انسانی در ارزیابی ریسک می‌باشد که به‌منظور شناسایی، ارزیابی و تخفیف ریسک‌های مربوط به خطای انسانی در حین تجمع در شرایط اضطراری توسعه و گسترش یافته است [۱۶،۱۷]. استفاده از روش HEPI می‌تواند زمینه لازم جهت کاهش فرصت‌های بروز خطای انسانی و در نتیجه کاهش پیامد چنین خطاهایی را از طریق تغییر در آموزش، طراحی، سیستم‌های ایمنی و روش فراهم نماید. با وجود مطالعات صورت‌گرفته در زمینه ارزیابی خطاهای انسانی و مفاهیم مرتبط با آن، تاکنون پژوهشی به‌صورت مشخص در ارتباط با ارزیابی و مدیریت خطاهای انسانی در شرایط تخلیه اضطراری با استفاده از روش HEPI در صنعت فراساحل انجام نشده است. در این ارتباط، هدف از پژوهش حاضر پیشنهاد تکنیکی مناسب برای پیشگیری و کمی‌سازی وقوع خطاهای انسانی در صنعت فراساحل با استفاده از تکنیک HEPI می‌باشد تا با مشخص‌نمودن سطوح بحرانی خطاهای انسانی در سکوهای گازی، پیشگیری و کمینه‌سازی حوادث در صنعت فراساحل صورت پذیرد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از مطالعات کاربردی و بر مبنای هدف می‌باشد که از طریق بررسی آرا و نظرات کارشناسان و دستاندرکاران، مطالعه میدانی و شناسایی و تحلیل ابعاد و جنبه‌های مختلف آن و در نهایت ارزیابی سطوح خطای انسانی در شرایط تخلیه اضطراری با استفاد از روش HEPI انجام شده است. این پژوهش در منطقه پارس جنوبی و سکوهای استخراج گاز ۱۷ و ۱۸ آلفا صورت گرفت. دلیل انتخاب این منطقه را می‌توان مواردی نظیر موقعیت استراتژیک منطقه، نقش ارزنده فعالیت افراد حاضر بر سکو، اهمیت حفاظت از جان افراد در شرایط اضطراری و واکنش مناسب در این شرایط بیان کرد. در ادامه به مراحل انجام روش HEPI اشاره شده است. ابتدا جمع‌آوری داده‌ها از طریق پرسشنامه‌های تجمع در شرایط اضطراری صورت گرفت. در حقیقت اولین مرحله در فرایند HEPI، تدوین یک سناریوی تجمع در شرایط اضطراری می‌باشد. در این راستا، یک سناریو با عنوان نشت گاز (abandon) جهت انجام مانور شرایط اضطراری در سکوهای استخراج گاز ۱۷ و ۱۸ آلفا تهیه گردید.

از مجموع کارکنان حاضر بر روی سکوها و شناور (۲۷۸) مطابق با فرمول کوکران با اطمینان ۹۵ درصد، ۵۵ نفر مورد بررسی قرار گرفتند. با به صدا درآمدن آلارم توسط کاپیتان، مانور آغاز شده و افراد مورد مطالعه به سمت Muster Station حرکت کردند و با برگرداندن T-Cart خود در کنار سیستم هوا مستقر گردیدند. پس از آن Mask up نمودند که این مراحل حدود ۱۰ دقیقه به طول

انجامید. سپس، نفرات حاضر شلنگ کپسول خود را به Manifold هوا متصل کرده و جدا نمودند و با به صدا درآمدن آلارم شناور توسط کاپیتان محل تجمع، تخلیه و مانور به پایان رسید. در ادامه با توجه به مانورهای صورت‌گرفته، پرسشنامه‌های رتبه‌بندی‌شده تجمع برای شاخص HEPI برای هر مانور تکمیل گردید. در مجموع شش فاکتور از این پرسشنامه استخراج گردید که شامل: آموزش، رویداد، استرس، پیچیدگی، شرایط جوی و تجربه بود.

جدول ۱ امکان تعیین نهایی احتمال خطای انسانی در حین

جدول ۱: پرسشنامه رتبه‌بندی‌شده تجمع برای شاخص HEPI [۶]

۱. چه چیزی آغازکننده تجمع می‌باشد؟ (فاکتور، رویداد، استرس و پیچیدگی)								
I	پدیدآمدن سوراخ یا شیار	۰	Ii	سقوط فرد به دریا	۱۰	Iii	نشت گاز	۲۰
Iv	آتش‌سوزی	۳۰	V	آتش‌سوزی و انفجار	۳۰	Vi	برخورد کشتی	۲۰
Vii	ریزش	۲۰	Viii	سقوط هلیکوپتر	۲۰	Ix	افتادن فرد	۲۰
مجموع ...								
۲. ریسک مستقیم آغازکننده تجمع چیست؟ (فاکتور، رویداد، استرس و پیچیدگی)								
I	تأثیر مخربی بر ساختار تأسیسات ندارد؛ مانع پیشرفت تجمع نمی‌گردد؛ سلامت کارکنان را تهدید نمی‌کند							
Ii	امکان ایجاد صدمه به سلامتی کارکنان؛ می‌تواند مانع پیشرفت تجمع گردد							
Iii	تأثیرات مخربی بر ساختار تأسیسات دارد؛ مانع پیشرفت تجمع می‌گردد؛ امکان ازدست‌دادن زندگی کارکنان وجود دارد							
مجموع								
۳. در زمان تجمع وضعیت هوا چگونه است؟ (فاکتور، شرایط جوی، استرس و پیچیدگی)								
I	الف. آفتابی/ ابری	۰	I	الف. بدون باد	۰	I	الف. < ۳۰- درجه سانتی‌گراد	۳۰
Ii	ب. بارانی	۱۰	ii	ب. باد	۱۰	Ii	ب. ۲۱- تا ۳۰- درجه سانتی‌گراد	۲۰
Iii	ج. برفی/ بوران	۲۰	iii	ج. باد قابل توجه	۲۰	Iii	ج. ۰ تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد	۱۰
Iv	د. کولاک	۳۰	iv	د. تندباد	۳۰	Iv	د. ۱ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد	۰
V	ه. مه سنگین	۲۰	v	ه. گردباد	۳۰	V	ه. >۳۰ درجه سانتی‌گراد	۱۰
مجموع								
۴. چه زمانی از شبانه‌روز تجمع آغاز شد؟ (استرس و پیچیدگی)								
i. روز	۰		ii. شب	۱۰		iii. تعویض شیفت	۲۰	iv. شب؛ پس از ساعت ۶ صبح ۳۰
مجموع								
۵. عنوان شغلی (نوع شغل) کارکنان چیست؟ (آموزش)								
I	اپراتور	۱۰	ii	مهندس	۱۰	Iii	تعمیرات	۲۰
Iv	اداری	۳۰	v	کارکنان آشپزخانه	۳۰	Vi	کارکنان خدماتی	۳۰
۶. تجربه کارکنان در چه سطحی است؟ (تجربه و آموزش)								
I	الف. <۶ ماه	۳۰	I	الف. کار معمول	۱۰	I	الف. بدون تجمع	۲۰
Ii	ب. ۶ ماه تا ۳ سال	۲۰	ii	ب. کار غیرمعمول	۲۰	Ii	ب. ۵-۱ تجمع	۱۰
Iii	ج. ۴ تا ۱۰ سال	۱۰	iii	ج. دور از کار	۴۰	Iii	ج. ۵ تجمع	۰
Iv	د. ۱۰ سال	۰						
مجموع								
۷. افراد با توجه به شغل در زمان تجمع چطور مشخص می‌شوند؟ (استرس، تجربه و پیچیدگی)								
I	کار معمول که مشخص شده است	۱۰	ii	کارهایی که گه‌گاه انجام می‌شوند	۲۰	iii	کار جدیدی که تا به حال انجام نشده است	۴۰
مجموع								
۸. شغل افراد در زمان تجمع تا چه حد پیچیده است؟ (پیچیدگی)								
i. بدون پیچیدگی	۱۰	ii. تا اندازه‌ای پیچیده و رویه‌ای	۲۰	iii. بسیار دشوار و رویه‌ای	۳۰	iv. بسیار دشوار؛ رویه‌های پیچیده نیاز به کار گروهی	۴۰	i. بدون پیچیدگی
مجموع								
۹. سطح حساسیت شغل در زمان تجمع در شرایط اضطراری چقدر است؟ (استرس)								
I	منجر به افزایش شدت و وسعت آغازکننده تجمع نمی‌گردد	۰	ii	امکان افزایش تدریجی شدت و وسعت آغازکننده تجمع وجود دارد	۱۰	Iii	منجر به افزایش تدریجی شدت و وسعت آغازکننده تجمع خواهد شد	۲۰
مجموع								
۱۰. موقعیت فرد در ارتباط با آغازکننده تجمع چگونه است (استرس، پیچیدگی و فاکتور رویداد)								
I	الف. رویداد در تأسیسات دیگری آغاز شده است	۱۰	ii	ب. رویداد در همان تأسیسات آغاز شده است	۲۰	Iii	ج. رویداد در مجاورت شخص آغاز شده است	۳۰
I	الف. رویداد بر راه‌های خروج تأثیر نمی‌گذارد	۰	ii	ب. ممکن است رویداد بر راه‌های خروج تأثیر بگذارد	۱۰	Iii	ج. رویداد بر راه‌های خروج تأثیر می‌گذارد	۲۰
مجموع								

ادامه جدول ۱.

۱۱. در زمان تجمع چند نفر از کارکنان در تأسیسات بودند؟ (استرس و پیچیدگی)								
I	کمتر از ۲۵ درصد	۱۰	Ii	۲۰-۷۵ درصد	۲۰	iii	۷۶-۱۰۰ درصد	۳۰
مجموع								
۱۲. آیا کارکنان هرگونه آموزش تخصصی در این مورد دیده‌اند؟ (آموزش، پیچیدگی و استرس)								
I	کمک‌های اولیه؛ آموزش‌دادەنشده	۱۰	Ii	نشت‌یابی یا شناسایی گاز؛ آموزش‌دادەنشده				۱۰
Iii	امداد و نجات؛ آموزش‌دادەنشده	۱۰	Iv	اطفای حریق؛ آموزش‌دادەنشده				۱۰
مجموع								

حرکات کلیدی تجمع و فاکتورهای تأثیرگذار بر عملکرد (PSF) مرتبط با آن را نشان می‌دهد.

در مرحله دوم فاکتورهای تأثیرگذار بر عملکرد (PSF) از طریق جمع مقادیر به‌دست‌آمده از پرسش‌ها در پرسشنامه رتبه‌بندی‌شده HEPI طبقه‌بندی گردیدند؛ در نتیجه هر حرکت تجمع، شش منحنی مرجع (یکی به ازای هر PSF) جهت تعیین وزن و نرخ داشت. این منحنی‌ها بر روی یک گراف قرار می‌گیرند که در نهایت ۱۶ گراف مرجع برای وزن PSF (یکی برای هر حرکت تجمع) و ۱۶ گراف مرجع برای نرخ PSF به‌دست می‌آید؛ به‌عنوان مثال رتبه PSF آموزش، جمع کل مقادیر پرسش‌های ۵، ۶ و ۱۲ است. مرحله سوم در فرایند HEPI، تعیین نرخ و وزن PSF بر مبنای رتبه‌های تعیین‌شده در مرحله دوم می‌باشد. به‌منظور تعیین نرخ و وزن PSF، مقادیر مطابق با رتبه محاسبه‌شده درون‌یابی می‌گردند. این مرحله شامل استفاده از گراف‌های مرجع (شکل ۱) جهت تعیین نرخ و وزن فاکتورهای تأثیرگذار در تجمع می‌باشد.

نرخ و n– وزن برای هر حرکت تجمع ثبت می‌گردد. این داده در مرحله بعد برای به‌دست‌آوردن داده‌های شاخص احتمال موفقیت برای حرکات مختلف تجمع مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان یک نکته در روش کار باید یادآور شویم که رتبه‌بندی PSF برای این سناریوی مرجع با استفاده از پرسشنامه مذکور تعیین می‌گردد.

در مرحله چهارم شاخص احتمال موفقیت (SLI) برای هر فعالیت تجمع محاسبه گردید. مقادیر SLI (Ψ) با ضرب n- وزن و نرخ برای هر PSF در یک فعالیت تجمع توسط رابطه ۱ مورد محاسبه قرار گرفت.

$$SLI(\Psi)=n-weight)\ \sigma(\times rating) \qquad (۱)$$

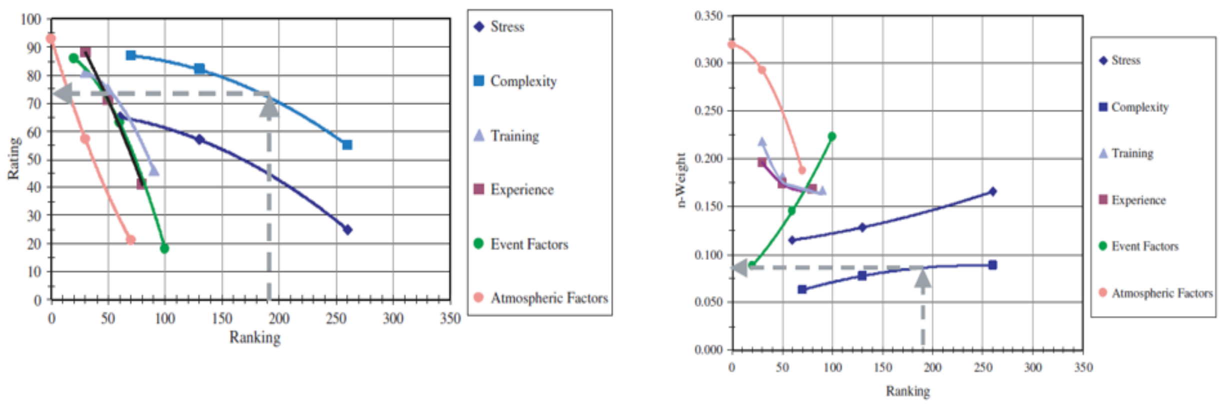
SLI کل (Ω) برای یک فعالیت تجمع، مجموع SLI برای شش PSF می‌باشد که در رابطه ۲ نشان داده شده است.

$$\Omega=\Sigma\Psi \qquad (۲)$$

در مرحله پنجم مقادیر لگاریتم احتمال موفقیت (:POS (Probability of Success برای هر فعالیت تجمع از گراف‌های مرجع SLI (شکل ۲) تعیین گردید. برای تعیین احتمال موفقیت، معکوس لگاریتم (Anti log) POS محاسبه می‌شود. در ادامه، احتمال خطای انسانی (HEP) برای هر فعالیت تجمع با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید.

$$HEP=1-POS \qquad (۳)$$

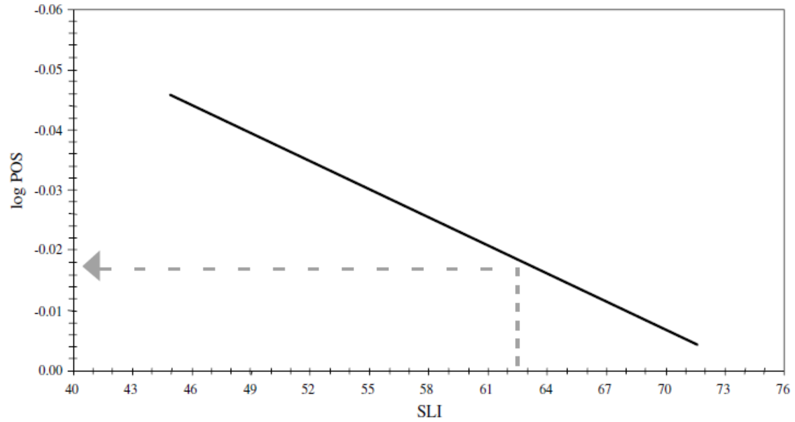
در راستای قضاوت کارشناسی، گروه خبرگان شامل: سرپرست HSE، سرپرست فرایند سکو، سرپرست ابزار دقیق، سرپرست مکانیک، سرپرست آتش‌نشانی، سرپرست HSE MARINE، سرپرست حراست و سوپروایزر HSE سکوهای ۱۷ و ۱۸ بود؛ بنابراین تعیین پیامدها و برآورد سطوح ریسک در این مرحله براساس توانایی فرار از محل حادثه، تعداد افرادی که به جایگاه امن می‌رسند، آغازگر تجمع و میزان صدمه‌ای که به افراد وارد می‌شود تعیین گردید. علاوه‌براین، احتمال ریسک با استفاده از



الف ب

شکل ۱: الف. گراف مرجع تعیین n- وزن PSF تجمع

ب. گراف مرجع تعیین نرخ PSF تجمع



شکل ۲: گراف مرجع جهت تعیین احتمال موفقیت برای مجموعه متوسطی از مقادیر SLI

روابط و گراف‌ها برآورد گشت و به‌منظور برآورد شدت ریسک از قضاوت گروه خبرگان استفاده شد.

در مرحله ششم ارتباط نقض گردید و انجام یک فعالیت با پیامدهای آن تعیین شد (جدول ۲). مرحله بعد شامل تبدیل نتایج به رتبه ریسک از طریق ماتریکس ریسک بود (جدول ۳) که مستطیل‌های خاکستری تیره نشان‌دهنده بالاترین سطح ریسک هستند و به‌ترتیب ریسک‌های پایین‌تر به وسیله مستطیل‌های خاکستری روشن و کمترین ریسک‌ها با مستطیل‌های سفید نشان داده شده‌اند.

جدول پیامد مورد استفاده در روش HEPI، چهار طبقه‌بندی پیامد دارد و رتبه‌بندی شدت باید برای یکی از این چهار طبقه بر مبنای اصلی که از فعالیت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته نشأت می‌گیرد، انجام شود. ابتدا شدت پیامدها تعیین گشت و سپس تبدیل نتایج به رتبه ریسک از طریق ماتریکس ریسک صورت گرفت. در جدول ۳ ماتریکس ریسک HEPI نشان داده شده است. شایان ذکر است که مستطیل‌های خاکستری تیره بالاترین سطح ریسک را دارند و به همین ترتیب ریسک‌های پایین‌تر به وسیله مستطیل‌های خاکستری روشن و کمترین ریسک‌ها با مستطیل‌های سفید نشان داده شده‌اند. باید خاطرنشان ساخت ریسک‌هایی که در نواحی خاکستری تیره و روشن قرار گرفته‌اند، در صورت امکان می‌بایست به نواحی سفید تخفیف یابند.

در مرحله ۷ برای هر فعالیت دارای سطح ریسک بالا اقدامات

جدول ۲: تعیین پیامد HEPI

شدت	توانایی خروج	سایر افراد مرتبط	آغازگر تجمع	سلامتی
بحرانی (۱)	امکان دسترسی به TSR یا پناهگاه امن دیگری نیست؛ امکان تخلیه وجود ندارد	ممانعت از دسترسی یک یا چند فرد به TSR و یا هر پناهگاه دیگر؛ ممانعت از تخلیه توسط سایر افراد	شروع تجمع را در سطحی که دیگر فرصت کافی برای تجمع وجود ندارد، به‌طور جدی ایجاد می‌کند	منجر به مرگ
بالا (۲)	امکان دسترسی به TSR و یا تکمیل فعالیت در TSR وجود ندارد	ممانعت از دسترسی یک یا چند فرد به TSR و یا ممانعت از تکمیل فعالیت دیگران در TSR	شروع تجمع در سطحی که احتمال آسیب وجود دارد	منجر به آسیب فیزیکی قابل توجه
متوسط (۳)	تأخیر متوسط تا قابل توجه در رسیدن به TSR؛ تأخیر متوسط تا قابل توجه در تکمیل فعالیت در TSR	تأخیر متوسط تا قابل توجه دیگران در رسیدن به TSR و یا فعالیت آن‌ها در TSR	شروع تجمع در سطحی که تأخیر قابل توجهی در رسیدن به پناهگاه ایجاد می‌کند	پتانسیل ایجاد آسیب جزئی تا متوسط
پایین (۴)	تأخیر جزئی در دسترسی به TSR و یا در انجام فعالیت‌ها در TSR	تأخیر جزئی در دسترسی سایرین به TSR و یا در انجام فعالیت‌ها در TSR	احتمال شروع تجمع وجود ندارد؛ بنابراین زمان در سطح قابل توجهی در تجمع تأثیر نمی‌گذارد	احتمالاً بدون آسیب

جدول ۳: ماتریکس ریسک HEPI

	شدت پیامد			
احتمال خطای انسانی	بحرانی (۱)	بالا (۲)	متوسط (۳)	پایین (۴)
A: ۰/۱-۱	۱A	۲A	۳A	۴A
B:۰/۰۱-۰/۱	۱B	۲B	۳B	۴B
C:۰/۰۰۱-۰/۰۱	۱C	۲C	۳C	۴C

تخفیف‌دهنده ریسک پیشنهاد گردید. این امر به پژوهشگر اجازه می‌دهد تا در صورت ضرورت، سطوح ریسک را کاهش دهد. جدول اقدامات کاهش ریسک (RMMs: Risk Mitigation Measures) به‌منظور ارائه پیشنهادات برای پایین‌آوردن سطح ریسک از طریق بهبود در آموزش، دستورالعمل‌ها، سیستم‌های مدیریتی و تجهیزات در روش HEPI طراحی شده است (جدول ۴).

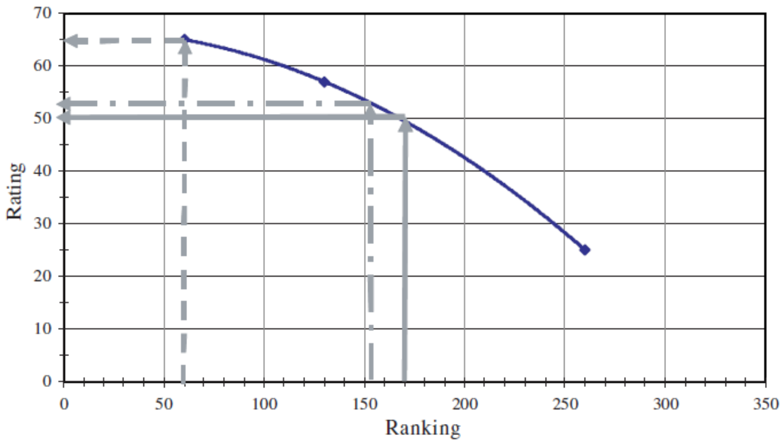
با اجرای اقدامات تخفیف‌دهنده ریسک می‌توان نرخ جدید PSF را تعیین نمود. مرحله آخر، تعیین سطح ریسک تجدیدنظرشده می‌باشد. در این ارتباط، n– وزن دلالت بر اهمیت هر PSF بر مبنای هر فعالیت تجمع دارد؛ بنابراین در صورتی که RMM به کار برده شود، n– وزن PSF دوباره محاسبه نمی‌گردد. لازم به ذکر است که انجام RMMs، کیفیت PFSs و در نتیجه نرخ آن‌ها را تقویت می‌کند.

شکل ۳ تشریحی از روش پیشنهادی به‌منظور تعیین نرخ PSF جدید بر مبنای درصد بهبود از نرخ اصلی برای یک فعالیت را نشان می‌دهد. درصد پیشرفت بر مبنای تفاوت بین نرخ PSF تعیین‌شده هنگام فرایند رتبه‌بندی HEPI و نرخ PSF بهینه می‌باشد. باید توجه داشت که نرخ PSF بهینه، بالاترین نرخ مقادیر داده‌شده در گراف‌های مرجع مورد استفاده در گام ۳ روش HEPI می‌باشد.

این شکل نرخ‌دهی مجدد PSF استرس برای فعالیت ۱ بر مبنای بهبود ۲۰ درصد به دلیل کاربرد RMM می‌باشد (خط توپر= نرخ PSF اصلی (۵۰)؛ خط‌چین و نقطه= نرخ‌دهی مجدد PSF؛ خط‌چین= نرخ بهینه PSF برای فعالیت ۱).

جدول ۴: اقدامات تخفیف‌دهنده ریسک غیرقابل‌قبول

فعالیت	اقدامات کاهش ریسک	بهبود تخمینی
۱. تشخیص آلارم	آشنایی کارکنان با آلارم‌ها، برگزاری مانور با سناریوهای مختلف، بازرسی، آزمایش و تعمیرات پیشگیرانه آلارم‌ها و نصب آلارم از دو نوع دیداری و شنیداری	۴۰ درصد
۳. عمل‌نمودن بر طبق آن	تهیه و بازنگری روش اجرایی آمادگی و واکنش در شرایط اضطراری، مشخص‌نمودن وظایف افراد در شرایط اضطراری و برگزاری مانور با سناریوهای مختلف	۲۵ درصد
۵. تجمع/ خروج	نصب تابلوهای راهنما به سمت تجمع ایمن و مشخص‌نمودن مسیرهای خروج اضطراری با تابلوهای شب‌رنگ	۲۰ درصد
۶. برگرداندن تجهیزات و فرایندها به حالت ایمن	آموزش جهت درک اهمیت برگرداندن سیستم آتش و گاز به حالت اولیه و تعمیرات بخش‌های آسیب‌دیده	۲۰ درصد
۷. ایمن‌سازی محیط کار	آموزش و توضیح اهمیت گازسنجی محل جهت پیشگیری و توقف نشت گاز برای جلوگیری از بازگشت به وضعیت بحران	۲۵ درصد
۸. گوش‌دادن و پیروی از اعلانات	بازرسی و آزمایش دوره‌ای سیستم بجینگ، تهیه و بازنگری روش اجرایی آمادگی و واکنش در شرایط اضطراری، مشخص‌نمودن وظایف افراد در شرایط اضطراری و برگزاری مانور با سناریوهای مختلف	۳۰ درصد
۱۲. انتخاب مسیر خروج دیگر	تهیه نقشه‌ای از سایت که راه‌های خروج اضطراری در آن مشخص شده باشد و قراردادن آن در دسترس افراد دارای صلاحیت، مشخص‌نمودن مسیرهای خروج اضطراری با تابلوهای شب‌رنگ، بازدید دوره‌ای و اطمینان از بازبودن درهای اضطراری و مسدودنبودن مسیرها	۲۵ درصد



شکل ۳: نرخ‌دهی مجدد PSF استرس برای فعالیت ۱ بر مبنای بهبود ۲۰ درصد به دلیل کاربرد RMM می‌باشد (خط توپر= نرخ PSF اصلی (۵۰)؛ خط‌چین و نقطه= نرخ‌دهی مجدد PSF؛ خط‌چین= نرخ بهینه PSF برای فعالیت ۱).

یافته‌ها

با توجه به مانورهای انجام‌شده، پرسشنامه‌های رتبه‌بندی‌شده تجمع برای شاخص HEPI برای مانور تکمیل گردید و مقدار و رتبه برای ۱۶ فعالیت موجود محاسبه شد؛ بنابراین شش فاکتور متشکل از فاکتورهای تأثیرگذار بر آن‌ها از پرسشنامه استخراج شدند که عبارت هستند از: آموزش، رویداد، استرس، پیچیدگی، شرایط جوی و تجربه.

در این مرحله، میانگین فاکتورها جهت استفاده از گراف‌های مرجع محاسبه گردید. میانگین نمره به‌دست‌آمده از فاکتورهای شش‌گانه پرسشنامه در جدول ۵ ارائه شده است.

در مرحله بعد نرخ و وزن فاکتورهای تأثیرگذار بر عملکرد از طریق میانگین PSF و مقایسه با گراف‌های مرجع تعیین گردید. در ادامه با توجه به جدول ۵، شاخص احتمال موفقیت برای هر فعالیت تعیین شد و شاخص احتمال موفقیت کل (Ω) محاسبه گردید. سپس، مقادیر لگاریتم احتمال موفقیت (POS) برای هر فعالیت تجمع با استفاده از گراف‌های مرجع SLI تعیین شد. شایان ذکر است که جهت تعیین احتمال موفقیت (POS)، معکوس لگاریتم (Anti Log) POS محاسبه گردید و متعاقب آن، احتمال خطای انسانی (HEP) برای هر فعالیت تجمع با استفاده از رابطه ۱ برآورد شد. نتایج مربوط به احتمال خطای انسانی برای هر فعالیت تجمع در جدول ۶ نشان داده شده است.

در ادامه، برای ریسک‌های غیرقابل‌قبول اقدامات تخفیف‌دهنده ریسک پیشنهاد گردید و با توجه به محاسبات مجدد سطح ریسک، مراحل ۴ تا ۶ مجدداً برای تخمین سطوح ریسک تجدیدنظرشده انجام شد (جدول ۹).

پس از انجام اقدامات کاهش ریسک، ارزیابی مجدد ریسک انجام شد و با توجه به قرارگیری ریسک‌های تجدیدنظرشده در منطقه قابل قبول، این فرایند به پایان رسید.

بنابراین در صورتی که اقدامات تخفیف ریسک به کار برده شوند، n- وزن PSF دوباره محاسبه نمی‌گردد. انجام RMMs کیفیت PSFs و در نتیجه نرخ آن‌ها را تقویت می‌نماید. درصد پیشرفت بر مبنای تفاوت بین نرخ PSF تعیین‌شده هنگام فرایند رتبه‌بندی HEPI و نرخ PSF بهینه می‌باشد. نرخ PSF بهینه بالاترین نرخ مقادیر داده‌شده در گراف‌های مرجع است.

[درصد بهبود تخمینی×(نرخ اولیه PSF- نرخ بهینه PSF)]+ نرخ اولیه PSF= نرخ جدید PSF

در ادامه با توجه به این نرخ جدید، برآورد سطوح ریسک تجدیدنظرشده مجدداً برای ۱۶ فعالیت صورت پذیرفت.

نتایج به‌دست‌آمده بیانگر آن هستند که پس از انجام اقدامات کاهش ریسک و ارزیابی مجدد آن، ریسک‌های تجدیدنظرشده در منطقه قابل قبول قرار می‌گیرند.

جدول ۵: میانگین فاکتورهای به‌دست‌آمده از پرسشنامه

آیتم	آموزش	رویداد	استرس	پیچیدگی	شرایط جوی	تجربه
میانگین	۷۶/۲	۷۱/۸	۱۴۷/۲۸	۱۵۳/۷	۱۴/۷۴	۳۶/۹۴

جدول ۶: محاسبه شاخص احتمال موفقیت SLI برای هر فعالیت تجمع

ردیف	آموزش	رویداد	استرس	پیچیدگی	شرایط جوی	تجربه	Ω
۱	۷/۶۷	۸/۲۵	۷/۱۵	۶/۳۲	۲۷/۰۱	۱۴/۹۶	۷۱/۳۶
۲	۱۳/۵۷	۷/۵۰	۶/۷۲	۶/۳۰	۱۳/۸۶	۱۸/۲۶	۶۶/۲۱
۳	۱۱/۶۶	۴/۶۲	۶/۶۵	۵/۴۰	۹/۰۰	۱۹/۶۸	۵۷/۰۱
۴	۷/۷۹	۵/۰۴	۶/۹۵	۵/۶۱	۱۰/۹۵	۱۸/۰۰	۵۳/۳۴
۵	۱۰/۰۸	۵/۰۴	۶/۱۳	۵/۳۹	۹/۸۸	۱۷/۷۶	۵۴/۲۸
۶	۸/۱۰	۴/۰۸	۵/۶۰	۸/۱۰	۶/۷۵	۱۷/۲۵	۴۹/۸۸
۷	۷/۵۶	۳/۹۱	۵/۲۵	۶/۷۲	۸/۵۲	۱۳/۰۵	۴۵/۰۱
۸	۸/۲۵	۴/۵۰	۷/۳۸	۵/۷۲	۱۵/۱۲	۱۱/۴۰	۵۲/۳۷
۹	۷/۸۸	۴/۷۵	۵/۹۵	۵/۸۵	۱۱/۱۰	۱۵/۴۰	۵۰/۹۳
۱۰	۸/۲۸	۳/۳۸	۶/۷۵	۷/۲۵	۸/۳۲	۱۵/۷۵	۴۹/۳۷
۱۱	۶/۴۰	۵/۵۱	۷/۷۰	۶/۷۶	۱۲/۲۵	۱۵/۶۲	۵۴/۲۴
۱۲	۵/۷۸	۴/۳۲	۵/۱۸	۵/۶۰	۱۰/۰۸	۱۴/۹۶	۴۵/۹۲
۱۳	۸/۸۲	۴/۱۳	۸/۳۶	۶/۸۸	۵/۹۹	۱۶/۵۶	۵۲/۷۳
۱۴	۱۵/۹۳	۷/۹۲	۱۱/۳۴	۵/۴۹	۳/۶۸	۲۳/۸۰	۶۸/۱۶
۱۵	۱/۰۸	۷/۵۴	۱۱/۳۴	۸/۴۰	۵/۵۳	۱۹/۲۴	۵۳/۱۳
۱۶	۱۲/۸۳	۸/۱۴	۱۳/۵۷	۱۰/۸۸	۵/۱۶	۱۹/۰۹	۶۹/۶۷

جدول ۷: احتمال خطای انسانی، پیامدها و برآوردهای سطوح ریسک

ردیف	Log POS	POS	HEP	احتمال	شدت (S)	ریسک
۱	-۰/۰۰۴	۰/۹۹۱	۰/۰۰۹	C	۴	C۴
۲	-۰/۰۱۲	۰/۹۷۳	۰/۰۲۷	B	۴	B۴
۳	-۰/۰۲۶	۰/۹۴۲	۰/۰۵۸	B	۳	B۳
۴	-۰/۰۳۲	۰/۹۲۹	۰/۰۷۱	B	۲	B۲
۵	-۰/۰۳۱	۰/۹۳۱	۰/۰۶۹	B	۲	B۲
۶	-۰/۰۳۸	۰/۹۱۶	۰/۰۸۴	B	۱	B۱
۷	-۰/۰۴۵	۰/۹۰۲	۰/۰۹۸	B	۱	B۱
۸	-۰/۰۳۴	۰/۹۲۵	۰/۰۷۵	B	۲	B۲
۹	-۰/۰۳۶	۰/۹۲۰	۰/۰۸۰	B	۲	B۲
۱۰	-۰/۰۳۹	۰/۹۱۵	۰/۰۸۵	B	۱	B۱
۱۱	-۰/۰۳۱	۰/۹۳۱	۰/۰۶۹	B	۲	B۲
۱۲	-۰/۱۰۵	۰/۷۸۵	۰/۲۱۵	A	۱	A۱
۱۳	-۰/۰۳۴	۰/۹۲۵	۰/۰۷۵	B	۲	B۲
۱۴	-۰/۰۱۱	۰/۹۷۵	۰/۰۲۵	B	۱	B۱
۱۵	-۰/۰۳۳	۰/۹۲۷	۰/۰۷۳	B	۲	B۲
۱۶	-۰/۰۰۶	۰/۹۸۶	۰/۰۱۴	B	۴	B۴

جدول ۸: اقدامات کاهش ریسک

اقدامات کاهش ریسک ممکن برای فعالیت‌هایی با ریسک غیرقابل‌قبول		
فعالیت	**اقدامات کاهش ریسک ممکن**	**درصد بهبود ریسک تخمینی**
۶. برگرداندن فرایند به حالت ایمن	آموزش جهت درک اهمیت برگرداندن سیستم G&F (Fire and Gas Detection System) به حالت اولیه، تعمیرات بخش‌های آسیب‌دیده	۲۵
۷. ایمن‌سازی محیط کار	آموزش و توضیح‌دادن اهمیت گازسنجی محل جهت پیشگیری و توقف نشت گاز برای جلوگیری از بازگشت به وضعیت بحران (Soup Test به‌صورت روتین توسط افراد فرایند انجام شود)	۳۰
۱۰. حرکت در امتداد راه خروج	استفاده از تابلوها و شب‌رنگ‌ها، آموزش افراد و برگزاری دوره‌ای مانور برای آشنایی بیشتر آن‌ها	۲۵
۱۲. گزینش مسیر خروج	تهیه نقشه‌ای از سایت که راه‌های خروج اضطراری در آن مشخص شده باشد و قراردادن آن در دسترس افراد دارای صلاحیت، مشخص‌نمودن مسیرهای خروج اضطراری با شب‌رنگ، بازدید دوره‌ای و اطمینان از مسدودنبودن مسیرها (ساخت سکوها با دو مسیر خروج)	۴۰
۱۴. ثبت اسامی در TSR	برقراری سیستم TCART و آموزش کلیه افراد مستقر در سکو برای استفاده از آن	۳۰

جدول ۹: ریسک کل تغییریافته

ردیف	فعالیت	Log POS	POS	HEP=1-POS (P)	شدت (S)	R=S×P	
۱	کشف آلارم	-۰/۰۰۴	۰/۹۹۱	۰/۰۰۹	۴	C۴	۰/۰۳۶
۲	تشخیص آلارم	-۰/۰۱۲	۰/۹۷۳	۰/۰۲۷	۴	B۴	۰/۱۰۹
۳	عمل‌نمودن بر طبق آلارم	-۰/۰۲۶	۰/۹۴۲	۰/۰۵۸	۳	B۳	۰/۱۷۴
۴	تعیین حتمی و قریب‌الوقوع‌بودن خطر	-۰/۰۳۲	۰/۹۲۹	۰/۰۷۱	۲	B۲	۰/۱۴۲
۵	تجمع/ خروج	-۰/۰۳۱	۰/۹۳۱	۰/۰۶۹	۲	B۲	۰/۱۳۷
۶	برگرداندن تجهیزات فرایند به حالت ایمن	-۰/۰۰۴	۰/۹۹۱	۰/۰۰۹	۴	B۴	۰/۰۳۶
۷	ایمن‌سازی محیط	-۰/۰۲۹	۰/۹۳۵	۰/۰۶۵	۲	B۲	۰/۱۲۹
۸	گوش‌دادن و پیروی از اعلانات	-۰/۰۳۴	۰/۹۲۵	۰/۰۷۵	۲	B۲	۰/۱۵۰
۹	ارزشیابی مسیرهای خروج بالقوه و انتخاب یک راه	-۰/۰۳۶	۰/۹۲۰	۰/۰۸۰	۲	B۲	۰/۱۵۹
۱۰	حرکت در امتداد راه خروج	-۰/۰۲۸	۰/۹۳۸	۰/۰۶۲	۲	B۲	۰/۱۲۴
۱۱	ارزیابی کیفیت راه خروج	-۰/۰۳۱	۰/۹۳۱	۰/۰۶۹	۲	B۲	۰/۱۳۷

ادامه جدول ۸.

۱۲	گزینش مسیر خروج دیگر	-۰/۰۲۴	۰/۹۴۶	۰/۰۵۴	۳	A۳	۰/۱۶۱
۱۳	کمک به دیگران در صورت نیاز	-۰/۰۳۴	۰/۹۲۵	۰/۰۷۵	۲	B۲	۰/۱۵۰
۱۴	ثبت اسامی در TSR	-۰/۰۰۵	۰/۹۸۹	۰/۰۱۱	۴	B۴	۰/۰۴۳
۱۵	امکان دستیابی به بازخورد مناسب در مسیر TSR	-۰/۰۳۳	۰/۹۲۷	۰/۰۷۳	۲	B۲	۰/۱۴۶
۱۶	پیروی از دستورالعمل‌های مدیر تأسیسات	-۰/۰۰۶	۰/۹۸۶	۰/۰۱۴	۴	B۴	۰/۰۵۴

بحث

روش HEPI با رویکردی کمی و پویا به ترویج نگرشی منسجم در ارزیابی فاکتورهای انسانی در حرکت‌های تجمع هنگام بروز شرایط اضطراری کمک می‌کند. شاخص احتمال خطای انسانی رویکردی کمی و پویا جهت محاسبه فاکتورهای انسانی در ارزیابی ریسک می‌باشد. با توجه به نتایج، فعالیت برگرداندن فرایند به حالت ایمن در محدوده ریسک غیرقابل‌قبول (B۱) قرار گرفت. در پژوهش حاضر آموزش برای درک اهمیت برگرداندن سیستم F&G به حالت اولیه و تعمیر بخش‌های آسیب‌دیده به‌عنوان اقدامات کاهش ریسک صورت گرفت و با توجه به اینکه درصد نرخ بهبود ریسک معادل ۲۵ درصد تخمین زده شد، این فعالیت در محدوده ریسک قابل قبول (B۴) قرار گرفت. فعالیت ایمن‌سازی محیط نیز با توجه به نتایج اولیه در محدوده ریسک غیرقابل‌قبول (B۱) جای گرفت. در ادامه، آموزش و توضیح‌دادن اهمیت گازسنجی محل جهت پیشگیری و توقف نشت گاز برای جلوگیری از بازگشت به وضعیت بحران و انجام Soup Test به‌صورت روتین توسط نفرات به‌عنوان اقدامات کاهش ریسک برای فعالیت مذکور انجام شدند و با توجه به اینکه درصد نرخ بهبود ریسک معادل ۳۰ درصد تخمین زده شد، این فعالیت در محدوده ریسک قابل قبول (B۲) قرار گرفت. براساس نتایج اولیه مشاهده شد که فعالیت حرکت در امتداد راه خروج در محدوده ریسک غیرقابل‌قبول (B۱) قرار دارد. در ادامه، استفاده از تابلوها و شب‌رنگ‌ها، آموزش افراد و برگزاری دوره‌ای مانور برای آشنایی بیشتر آن‌ها به‌عنوان اقدامات کاهش ریسک برای فعالیت مذکور انجام شدند و با توجه به اینکه درصد نرخ بهبود ریسک معادل ۲۵ درصد تخمین زده شد، این فعالیت در محدوده ریسک قابل قبول (B۲) جای گرفت. از سوی دیگر، نتایج اولیه نشان داد که فعالیت گزینش مسیر خروج در محدوده ریسک غیرقابل‌قبول (A۱) قرار دارد. در ادامه، اقداماتی نظیر تهیه نقشه‌ای از سایت که راه‌های خروج اضطراری در آن مشخص شده باشد و قراردادن آن در دسترس افراد دارای صلاحیت، مشخص‌نمودن مسیرهای خروج اضطراری با شب‌رنگ، بازدید دوره‌ای و اطمینان از مسدودنبودن مسیرها و ساخت سکوها با دو مسیر خروج به‌عنوان اقدامات کاهش ریسک برای فعالیت ذکرشده انجام شد و با توجه به اینکه درصد نرخ بهبود ریسک معادل ۴۰ درصد تخمین زده شد، این فعالیت در محدوده ریسک قابل قبول (B۳) جای گرفت. فعالیت ثبت اسامی در TSR نیز مطابق با نتایج اولیه در محدوده ریسک غیرقابل‌قبول (B۱) قرار گرفت. در ادامه، اقداماتی همچون برقراری سیستم TCART و آموزش کلیه نفرات مستقر در سکو برای استفاده از آن به‌عنوان اقدامات کاهش ریسک برای فعالیت مذکور صورت پذیرفت و با توجه به اینکه درصد نرخ بهبود ریسک معادل ۳۰ درصد تخمین زده شد، این فعالیت در محدوده ریسک قابل قبول (4B) جای گرفت.

نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های پژوهش محمدفام و همکاران (۱۳۸۸) همسویی دارد. آن‌ها در پژوهش خود گزارش کردند که کاربرد شاخص احتمال خطای انسانی (HEPI) می‌تواند در راستای محدودنمودن فرصت‌ها برای رخداد خطای انسانی و کاهش شدت عواقب چنین خطاهایی از طریق تغییر در آموزش، طراحی، سامانه‌های ایمنی و دستورالعمل‌ها که در نتیجه آن قدرت تحمل خطا در طراحی‌ها و یا عملیات بیشتر شود، اثرگذار باشد [۱۶]. علاوه‌براین، نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های مطالعه محمدفام و همکاران (۱۳۹۱) که بر کاربرد شاخص احتمال خطای انسانی (HEPI) و توانایی آن در جهت کاهش احتمال بروز خطاهای انسانی و پیامدهای حوادث تأکید دارد، همخوان می‌باشد [۱۷]. شایان ذکر است که ایمن‌سازی محیط قبل از خروج، یکی از پراسترس‌ترین مراحل عملیاتی افراد محسوب می‌شود که طی آن کارکنان باید با نهایت دقت و صحت و با سرعت بسیار بالا محیط کار خود را ایمن‌سازی کنند. محدودبودن زمان تصمیم‌گیری و واکنش در این حرکت باعث تحمیل استرس زیاد بر کارکنان شده و احتمال خطای آن‌ها را افزایش می‌دهد [۱۸]. این نتایج با یافته‌های پژوهش فسیل‌خان و همکاران (۲۰۰۵) که در مطالعه خود با استفاده از ابزار HEPI به نتایج مشابهی دست یافتند، همسو می‌باشد [۶]؛ بنابراین تکنیک HEPI به ریشه‌یابی خطاهای انسانی کمک نموده و قابلیتهای آن برای سناریوهایی با حالات شدیدتر از طریق پیشرفت در آموزش، روش‌ها، سیستم‌های مدیریتی و تجهیزات قابل دستیابی می‌باشد [۶،۱۹،۲۰]. از آنجایی که هیچ سیستمی نمی‌تواند عاری از خطاهای انسانی باشد و صنعت همیشه در جستجوی ابزاری ساده و مقرون به صرفه است تا ایمنی مردان و زنان کارگر در مناطق پرخطر را افزایش دهد؛ بنابراین آماده‌سازی سیستم‌ها با شرایط بهینه‌تر نسبت به خطای انسانی برای مقابله با این‌گونه حوادث باعث کاهش سطح ریسک می‌گردد. در این میان، استفاده از ابزار HEPI در راستای ارزیابی خطای انسانی

بیانگر کاربردی‌بودن این ابزار در صنعت فراساحل می‌باشد که با درنظرگرفتن اصلاحات در دیگر صنایع نیز کارایی خواهد داشت [۱۹،۲۱،۲۲].

نتیجه‌گیری

بر مبنای نتایج حاصل از این مطالعه، برگزاری مانورهای بیشتر با توجه به بازخوردهای آن‌ها می‌تواند در کاهش ریسک واکنش در تخلیه اضطراری مؤثر باشد. همچنین ابزاری مانند HEPI می‌تواند درک بهتری از مفهوم خطاهای انسانی را ایجاد کند. نتایج حاصل از ارزیابی خطای انسانی در صنعت فراساحل حاکی از آن بودند که مهم‌ترین اقداماتی که شرکت‌های فراساحل باید آن‌ها را در راستای رفع خطاها انجام دهند، عبارت هستند از: آموزش جهت درک اهمیت درسرویس‌بودن سیستم F&G، تعمیرات بخش‌های آسیب‌دیده که با آموزش افراد قبل از ورود به سکو و انجام بازرسی‌های دوره‌ای قابل پیاده‌سازی می‌باشد، آموزش و توضیح‌دادن اهمیت گازسنجی محل جهت پیشگیری و توقف نشت گاز برای جلوگیری از بازگشت به وضعیت بحران که با انجام Soup Test به‌صورت روتین توسط افراد و اطمینان از درسرویس‌بودن تمام سیستم F&G قابل کنترل و پیاده‌سازی می‌باشد، تهیه نقشه‌ای از سایت که راه‌های خروج اضطراری در آن‌ها مشخص شده باشد و ارزیابی دوره‌ای آن، مشخص‌نمودن مسیرهای خروج اضطراری توسط شبرنگ، بازدید دوره‌ای و اطمینان از مسدودنبودن مسیرها که با ساخت سکوها با دو مسیر خروج و توجیه افراد در جلسه بریفینگ قابل کنترل و پیاده‌سازی می‌باشد و برقراری سیستم TCART و آموزش کلیه افراد مستقر در سکو برای استفاده از آن که با توجیه کاربرد و تهیه آن به‌ویژه در عملیات هوک آپ و پیش‌راه‌اندازی قابل پیاده‌سازی است. با توجه به اینکه به‌کارگیری این روش و پیاده‌سازی اقدامات اصلاحی با محدودیت‌هایی از جمله عدم آشنایی کارکنان با روش و پیچیدگی آن همراه می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد از دیگر تکنیک‌های متداول همگام با این روش استفاده شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان این مقاله از مسئولان گروه مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست، کارمندان سکوهای ۱۷ و ۱۸ آلفای منطقه پارس جنوبی و تمامی افرادی که در این پژوهش همکاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

REFERENCES

1. Vinnem JE. Offshore risk assessment: principles, modelling and applications of QRA studies. Berlin, Germany: Springer Science & Business Media; 2013.
2. Robertson DH, Wright MJ. Ocean odyssey emergency evacuation: analysis of survivor experiences. Bootle, UK: Health and Safety Executive; 1997.
3. Borgheipour H, Mohamadfam I, Narenji MA. Assessing and comparing human errors in technical operations in petroleum wells using extended CREAM technique. *Int J Occupat Hyg*. 2017;**9**(3):132-41.
4. Karimi S, Mirzaei AM, Mohammad FI. Using SHERPA to identify and assess human errors during blasting in an iron ore mine. *J Occupat Hyg Eng*. 2015;**2**(1):57-65. [Persian]
5. Azhdari M, Monazzami Tehrani G, Alibabaei A. Investigating the causes of human error-induced incidents in the maintenance operations of petrochemical industry using human factors analysis and classification system. *J Occup Hyg Eng*. 2016;**3**(4):22-30. [Persian]
6. Khan FI, Amyotte PR, DiMattia DG. HEPI: A new tool for human error probability calculation for offshore operation. *Safety Sci*. 2006;**44**(4):313-34. DOI: 10.1016/j.ssci.2005.10.008
7. Widdowson A, Carr D. Human factors integration: implementation in the onshore and offshore industries. Surrey: HSE Books; 2002.
8. Skogdalen JE, Vinnem JE. Quantitative risk analysis offshore--Human and organizational factors. *Reliabil Eng Syst Safety*. 2011;**96**(4):468-79. DOI: 10.1016/j.ress.2010.12.013
9. DiMattia DG, Khan FI, Amyotte PR. Determination of human error probabilities for offshore platform musters. *J Loss Prev Proc Ind*. 2005;**18**(4-6):488-501. DOI: 10.1016/j.jlp.2005.07.021
10. Bea RG. Human and organizational factors in reliability assessment and management of offshore structures. *Risk Anal*. 2002;**22**(1):29-45. PMID: 12017360
11. Kim JW, Jung W. A taxonomy of performance influencing factors for human reliability analysis of emergency tasks. *J Loss Prev Proc Ind*. 2003;**16**(6):479-95. DOI: 0.1016/S0950-4230(03)00075-5
12. Embrey DE, Humphreys P, Rosa EA, Kirwan B, Rea KS. An approach to assessing human error probabilities using structured expert judgement (NUREG/CR-3518). Washington, DC: US Nuclear Regulatory Commission; 1984.
13. Embrey D, Kontogiannis T, Green M. Guidelines for preventing human error in process safety. New York: Center for Chemical Process Safety; 1994.
14. Kirwan B. A guide to practical human reliability assessment. Florida: CRC Press; 1994.
15. Amyotte PR, Khan FI. Development of a human error probability index for offshore platform evacuations. Canada: Petroleum Research Atlantic Canada; 2005.
16. Mohammadfam I, Hesam G, Razaghpour R, Arasi M. Human errors evaluation for muster in emergency situations applying human error probability index (HEPI), in the oil company warehouse in Hamadan City. *J Health Safety Work*. 2012;**2**(3):29-40. [Persian]
17. Mohamadfam I, Nikomaram H, Yoosefi H, Pirhadi M. Assessment and management of human errors in emergency situations by HEPI method (case study: a manufacturing industry). *Jundishapur J Health Sci*. 2013;**4**(4):47-58. [Persian]
18. Kowalski-Trakofler KM, Vaught C, Scharf T. Judgment and decision making under stress: an overview for emergency managers. *Int J Emerg Manag*. 2003;**1**(3):278-89.
19. Vanderhaegen F. Human-error-based design of barriers and analysis of their uses. *Cognition Technol Work*. 2010;**12**(2):133-42.
20. Wang L, Wang Y, Cao Q, Li X, Li J, Wu X. A framework for human error risk analysis of coal mine emergency evacuation in China. *J Loss Prev Proc Ind*. 2014;**30**:113-23. DOI: 10.1016/j.jlp.2014.05.007
21. DiMattia DG. Human error probability index for offshore platform musters. Atlantic, Canada: Development of A Human Error Probability Index for Offshore Platform Evacuations; 2005.
22. Rahimi Kamal S, Nasl Saraji J, Mohammad Fam I. Assessment of human error probability index for gas compressor station musters (region 3 of gas transmission operation). *J Sch Public Health Instit Public Health Res*. 2010;**7**(4):51-68. [Persian]