

## ارزیابی « شاخص احتمال خطای انسانی » برای تجمع در شرایط اضطراری تاسیسات تقویت فشار گاز (منطقه سه عملیات انتقال گاز)

**شقایق رحیمی کمال:** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

**دکتر جبرائیل نسل سراجی:** استاد، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
نویسنده رابط: jnsaraji@tums.ac.ir

**دکتر ایرج محمدفام:** استادیار، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۸/۲۶

### چکیده

زمینه و هدف: خطای انسانی اغلب در بروز حوادث، هم در عملکرد مستقیم و هم در طراحی های ضعیف، نقش مهمی بازی می کند. تمرکز این کار بر پیش بینی احتمالات خطای انسانی در هنگام فرآیند تجمع در شرایط اضطراری در تاسیسات تقویت فشار گاز می باشد. هدف از ارائه ی این مقاله توصیف مختصری از شاخص احتمال خطای انسانی (HEPI) Human Error Probability Index برای فرآیند گردهمایی و تجمع در شرایط اضطراری تاسیسات تقویت فشار گاز است.

**روش کار:** با توجه به کمبود منابع اطلاعاتی در زمینه خطای انسانی و بخصوص داده های خطای انسانی برای تجمع در شرایط اضطراری در تاسیسات تقویت فشار گاز، یک روش فضاوت کارشناسی به نام شاخص احتمال موفقیت به عنوان وسیله ای برای پیش بینی احتمالات خطای انسانی تهیه شده است. دو سناریوی تجمع با شدت های مختلف (نشت گاز و آتش سوزی و انفجار) با جزئیات مورد مطالعه قرار گرفت. ۳۴ نمودار مرجع، داده هایی را برای وزن و نرخ دهی به شش عامل شکل دهی عملکرد فراهم نمودند و در نهایت این داده ها با استفاده از روش Success Likelihood Index Methodology (SLIM) جهت محاسبه احتمال موفقیت برای ۱۶ فعالیت تجمع از نقطه شروع تجمع تا آخرین فعالیت در پناهگاه موقت ایمن (Temporary Safe Refuge (TSR) پردازش شدند. فعالیت های فوق به ترتیب در قالب ۴ مرحله ی: آگاهی، ارزشیابی، خروج و بازیابی تقسیم بندی شده اند. ۶ عامل شکل دهی عملکرد که در این کار مورد توجه قرار گرفتند عبارتند از: استرس، پیچیدگی کار، آموزش، تجربه، عامل رویداد و عامل های شرایط جوی.

**نتایج:** احتمال خطای انسانی در مرحله خروج از بقیه مرحله ها بیشتر بود و پس از آن در مرحله ارزشیابی، بیشترین احتمالات دیده شد و کمترین احتمال خطا در مرحله ی آگاهی رخ داد.

**نتیجه گیری:** کاربرد شاخص احتمال خطای انسانی (HEPI) می تواند جهت محدود نمودن فرصت ها برای رخداد خطای انسانی و کاهش شدت عواقب چنین خطاهایی از طریق تغییراتی در آموزش، طراحی، سامانه های ایمنی و دستورالعمل ها که در نتیجه آن قدرت تحمل خطا در طراحی ها و یا عملیات بیشتر شود، مورد استفاده قرار گیرد.

**واژگان کلیدی:** فاکتورهای انسانی، خطای انسانی، شاخص احتمال خطای انسانی (HEPI)، شاخص احتمال موفقیت (SLIM) و

تاسیسات تقویت فشار گاز

## مقدمه

کنند البته هنوز بر کنترل شرایط فیزیکی تاکید داشتند ولی دست کم شروع به تشخیص اهمیت اعمال نا ایمن نمودند (Ahmadi 2005a).

در دهه های ۶۰ و ۷۰ میلادی، مهندسی پیشگیرانه بر کاهش نقص های فنی و افزایش قابلیت اعتماد تجهیزات و موانع ایمنی متمرکز بود. در دهه ۸۰ پس از حادثه هواپیمایی در سال ۱۹۷۴ و تری مایلز آیلند ( Three Miles Island) در ۱۹۷۹، تمرکز بر جایز الخطا بودن انسان، آموزش بهتر، بهبود تقابل انسان - ماشین و در نتیجه سامانه های پشتیبانی که پاسخگوی کاهش و پیشگیری از گسترش "خطای انسانی" باشد، بود. در نهایت در دهه ۹۰ و پس از انتشار وسیع چندین شواهد تجربی و عملی نظیر چرنوبیل (Chernobyl)، زیراگز (Zeebrugge)، کینگزکراس (King's Cross)، بوپال (Bhopal) و غیره اهمیت اصلی ترکیب عاملهای فنی و نواقص سازمانی در ایمنی سامانه های بحرانی تصدیق شد ( Reason 2000; Ghalemy 2006; Grozdanović 2006).

تقریباً در تمامی حوادث اخیر که در سطح وسیعی منتشر شده اند، شامل انفجار کارخانه تولید آفت کش در بوپال، فاجعه استادیوم فوتبال هیلزبورو (Hillsborough)، تصادف قطار پدینگتون (Paddington) و ساوت هال (Southall)، فجایع چرنوبیل و تری مایل آیلند و فاجعه شاتل فضایی چلنجر (Challenger shuttle) ردپایی از خطای انسانی دیده می شود. افزون بر این فجایع شدید، برخی صنایع نظیر بهداشت و درمان، تجربه طولانی مدت و مواجهه پیوسته ای با خطای انسانی دارند. هزینه های جانی و مالی چنین خطاهایی بسیار بالا می باشد. تأکید بر کاهش خطای انسانی ممکن است کمک به پایین آوردن این هزینه ها کند (Dekker 2002; Petersen 1996).

در آمار حوادث ۹ ساله ایران نیز (از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۷) علت اصلی وقوع حوادث در کلیه سالهای مورد بررسی به غیر از سال ۱۳۶۹ خطاهای انسانی ذکر شده که در طبقه بندی ارایه شده توسط سازمان تأمین اجتماعی با عنوان "بی احتیاطی" قید شده است. در همین خصوص براساس گزارشی از سازمان تأمین اجتماعی در سال ۱۳۸۶

انسان موجودی است جایز الخطا که گاه دچار اشتباه می شود. بسیار مشکل است که طبیعت انسان ها را عوض کنیم و آنها را وادار به پیروی از روش های بدون اشتباه نماییم. در عوض، باید سعی کنیم آنها را آن گونه که هستند بپذیریم و آنگاه تلاش کنیم که با تغییر و اصلاح محیط کار، طراحی تجهیزات و روش های کاری بهتر فرصت های اشتباه را از آنها بگیریم و متعاقباً با کاهش عواقب اشتباهات و ایجاد فرصت های لازم برای رفع اشتباه امکان محیط کاری ایمن تری برای آنها فراهم کنیم (AICHE 1994; Ahmadi 2005b).

پیش از سال ۱۹۳۱ متخصصان ایمنی گرایش به تمرکز بر اقدامات پیشگیرانه فیزیکی از قبیل: حفاظ گذاری ماشین آلات، نظم و نظافت کارگاهی و بازرسی داشتند؛ ظاهراً به این دلیل که اعتقاد داشتند شرایط فیزیکی سبب بروز حوادث می گردند. کارهای پیشگیرانه اندکی به صورت برنامه های آگاهی دهنده (از قبیل پوستر و غیره) توسط افراد انجام می شد. هاینریش تمام این اعتقادات را با افکار متفاوت و جدید خود در مورد چگونگی بروز حوادث و کنترل آنها دگرگون ساخت. نظریه ی هاینریش و مفاهیم آن در ده عبارت خلاصه شد که به آن قواعد ایمنی صنعتی می گویند (Lees Frank 2004 ; Whittingham 2004; Jahangiri 2004).

کارهای هاینریش اثبات کرد که متخصصان ایمنی در اشتباه بودند. او با استفاده از آمارهایی از عقاید خود دفاع کرد. او دریافت که ۸۸ درصد از تمامی حوادث توسط اعمال نایمن افراد روی می دهند تا شرایط نا ایمن؛ در نتیجه ۸۸ درصد وقت متخصصان ایمنی برای کنترل شرایط فیزیکی به منظور انجام کاری اشتباه به هدر رفته است. امروزه می دانیم که بیشتر عقاید او معنا دار و معتبر است. "افراد ریشه اصلی بروز حوادث هستند".

حرکت ایمنی از افکار هاینریش پیروی نمود و متخصصان ایمنی بر اساس همین باورها تصمیم گرفتند که قسمتی از زمانشان را صرف بخش انسانی کنترل حوادث

نگرشی منسجم در ارزیابی عوامل انسانی در تجمع در شرایط اضطراری، کمک می کند.

شاخص احتمال خطای انسانی، رویکردی کمی و پویا برای به حساب آوردن عوامل انسانی در ارزیابی ریسک، می باشد. این شاخص جهت تامین یک روش برای شناسایی، ارزیابی و تخفیف ریسک های مربوط به خطای انسانی در حین تجمع در شرایط اضطراری توسعه و گسترش یافته است. در ذیل روش اجرای این شاخص گام به گام توضیح داده خواهد شد (DiMattia et al. 2005; Khan et al. 2006).

گام ۱: جمع آوری داده ها (از طریق پرسشنامه های تجمع در شرایط اضطراری)

اولین گام در فرآیند HEPI، گسترش یک سناریوی تجمع بوسیله پرسشنامه رتبه بندی شده HEPI برای تجمع در شرایط اضطراری می باشد. هر پرسش یک یا چند عامل شکل دهی عملکرد Performance Shaping Factor (PSF) مرتبط با آن را داراست. عامل شکل دهی عملکرد، عوامل تأثیر گذار بر توانایی انسان در انجام کامل وظایف داده شده می باشند؛ برای نمونه، عامل رویداد عاملی است که سبب آغاز تجمع می گردد؛ مانند نشت گاز. پاسخ به هر پرسش در گام های بعدی فرآیند HEPI، بر روی وزن و نرخ PSF تأثیر خواهد گذاشت. (جدول ۱- الف و ب)

گام ۲: رتبه بندی عامل شکل دهی عملکرد: عوامل شکل دهی عملکرد بوسیله جمع مقادیر بدست آمده از پرسشها در پرسشنامه رتبه بندی شده HEPI که مرتبط با PSF های ویژه می باشند، طبقه بندی می گردند. سپس این رتبه برای هر PSF جهت تعیین وزن و نرخ عامل شکل دهی عملکرد برای هر حرکت تجمع، مورد استفاده قرار می گیرد.

گام ۳: تعیین نرخ و وزن عامل شکل دهی عملکرد: گام بعدی در فرآیند HEPI، تعیین نرخ ( $\delta$ ) و وزن ( $\sigma$ ) PSF بر مبنای رتبه های تعیین شده در گام ۲ می باشد. بدین منظور از نمودارهای مرجع استفاده می گردد. بنابراین نرخ و وزن برای هر حرکت تجمع ثبت می گردد. این داده ها در گام ۴ برای بدست آوردن داده های شاخص احتمال

بیشتر از ۱۴ هزار حادثه ناشی از بی احتیاطی در محیط- های کارگری رخ داده است و آمار شش ماهه نخست سال ۱۳۸۷ در مورد حوادث ناشی از کار، بیانگر آن است که ۱۰ هزار و ۶۷۷ نفر از کارگران، در این مدت دچار حادثه ناشی از کار شده اند که بی احتیاطی با ۵۲ درصد بیشترین علت وقوع حادثه بوده است.

با توجه به این که در صنایع کشور ما سامانه ثبت و ضبط خطای انسانی وجود ندارد و در عمل، از روش های کمی برای ارزیابی خطاهای انسانی استفاده نشده است، بنابراین هدف از این بررسی استفاده از روشی کمی است که قادر باشد احتمال خطای انسانی را در شرایط اضطراری، محاسبه نماید.

نظر به نقش حیاتی گاز در اقتصاد کشور و حساسیت عملیات انتقال گاز و تأثیر مخرب خطای انسانی در این عملیات، آشکار می گردد که لازم است در کلیه سامانه های عملیاتی به ویژه آن دسته که بروز خطاهای انسانی در آنها می تواند پیامدهای شدیدی را بدنبال داشته باشد، کلیه سناریوهای احتمالی بروز خطاهای انسانی، شرایط مؤثر بر آنها و پیامدهای حاصله بدقت برآورد و پیش بینی شده و با استفاده از نتایج بدست آمده، اولویت بندی اقدامات کنترلی و اصلاحی لازم جهت کاهش احتمال خطای انسانی در شرایط اضطراری در تاسیسات تقویت فشار گاز جهت کاستن ریسک آنها اعمال گردد.

## روش کار

شاخص احتمال خطای انسانی (HEPI) در نظر دارد که احتمال تخمینی نقص را برای هر فعالیت تجمع (شکل ۱) از طریق مجموعه ای از نمودارهای مرجع، تعیین نماید. داده های ورودی این نمودارها، از طریق تکمیل پرسش نامه ای توسط کارکنان پس از اجرای مانور شرایط اضطراری جمع آوری خواهد شد. سپس با انجام محاسباتی بر روی خروجی این نمودارها احتمال موفقیت و احتمال خطای انسانی بدست می آید. روش HEPI به ترویج

محاسبه شاخص موفقیت کل، SLI بدست آمده برای تمامی PSF های هر فعالیت را با هم جمع نموده و بدین صورت SLI کل برای هر فعالیت در دو سناریو بدست آمد (جدول ۳-ب و ۳-ج).

برای تعیین مقادیر احتمال خطای انسانی با استفاده از SLI کل و نمودارهای مرجع، Log POS برای هر فعالیت بدست آمد، سپس Anti Log محاسبه شد و POS تعیین گردید و در نهایت مقدار احتمال موفقیت از عدد ۱ کم شد و مقدار احتمال خطا برای هر فعالیت تعیین شد (جدول ۴).

### بحث

شاخص احتمال خطای انسانی (HEPI) در نظر دارد که احتمال تخمینی نقص را برای هر فعالیت تجمع از طریق مجموعه ای از نمودارهای مرجع، تعیین نماید. روش HEPI به ترویج نگرشی منسجم در ارزیابی عوامل انسانی در تجمع در شرایط اضطراری، کمک می کند (Khan et al. 2006).

کاربرد این پیش بینی های احتمال خطای انسانی (HEP) به شکل یک شاخص (HEPI)، ابزاری را برای ارزیابی قابلیت اعتماد انسانی Human Reliability Assessment (HRA) پیش روی ما می گذارد. این شاخص ابتدا جهت تأمین یک روش برای شناسایی، ارزیابی و تخفیف ریسک های مربوط به خطای انسانی در حین تجمع در شرایط اضطراری در سکوهای فراساحلی توسط فیصل خان و همکاران ابداع گردید و سپس در سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ توسعه و گسترش یافت. دلیل تخمین احتمال خطای انسانی، معیاری برای اندازه گیری بهبود سامانه های حمایت کننده از عملکرد انسانی است. از آنجا که افراد بخشی از سامانه حفاظت کل یک مجموعه هستند، لذا برای تخمین میزان و درج اطمینان این سامانه حفاظت، نیاز به داده ها و آمار تقریبی و تخمینی احتمال خطای انسانی وجود دارد. این مورد خصوصاً در شرایط بحرانی ایمنی صادق است. این روش تنها روش موجود برای تعیین احتمال خطای انسانی در حین تجمع در شرایط اضطراری است و از

موفقیت برای حرکات مختلف تجمع مورد استفاده قرار می گیرند. (نمودار ۲ا و ۲ب) (جدول ۲-الف و ب) گام ۴: تعیین مقادیر شاخص احتمال موفقیت: گام ۴ در فرآیند HEPI، محاسبه شاخص احتمال موفقیت Success Likelihood Index (SLI) برای هر فعالیت تجمع می باشد. SLI کل ( $\Omega$ ) برای یک فعالیت تجمع، مجموع SLI ها برای شش PSF می باشد. این مقدار در گام ۵ برای تخمین احتمال به پایان رساندن موفقیت آمیز یک فعالیت تجمع مورد استفاده قرار می گیرد (یا عدم به پایان رساندن موفقیت آمیز یک حرکت تجمع). (جدول ۳-الف، ب و ج)

گام ۵: تعیین مقادیر احتمال خطای انسانی: در گام ۵ مقادیر لگاریتم احتمال موفقیت Probability Of Success (POS)، برای هر فعالیت تجمع، از نمودارهای مرجع SLI تعیین می گردد (نمودار ۳). برای تعیین احتمال موفقیت، معکوس لگاریتم (Anti Log) POS گرفته می شود. متعاقب آن، احتمال خطای انسانی (HEP)، برای هر فعالیت تجمع محاسبه می گردد. (جدول ۴).

### نتایج

برای تعیین نرخ عامل های شکل دهی عملکرد در سناریوهای آتش سوزی و انفجار و نشت گاز با توجه به رتبه های داده شده به سوالات مربوط در پرسش نامه و نمودارهای مرجع نرخ برای هر ۱۶ فعالیت محاسبه شده است (جدول ۲-الف). سپس برای تعیین وزن استاندارد عامل های شکل دهی عملکرد در دو سناریوی موجود، با توجه به رتبه های داده شده به سوالات مربوط در پرسش نامه و نمودارهای مرجع وزن برای هر ۱۶ فعالیت محاسبه شده است (جدول ۲-ب).

جهت تعیین شاخص احتمال موفقیت برای هر دو سناریوی فوق، نرخ و وزن بدست آمده برای هر فعالیت تجمع را در هم ضرب نموده و بدین ترتیب SLI هر فعالیت محاسبه گردید (جدول ۳-الف). سپس به منظور

## نتیجه گیری

با توجه به جدول شماره ۴ در سناریوی آتش سوزی و انفجار بیشترین احتمال خطا به ترتیب مربوط به فعالیت‌های ۷، ۱۲ و ۹ بوده و کمترین احتمالات مربوط به فعالیت‌های ۱، ۱۴ و ۱۶ می‌باشد. همچنین در مورد سناریوی نشت گاز بیشترین احتمال خطا به ترتیب مربوط به فعالیت‌های ۸، ۷ و ۱۲ بوده و کمترین احتمالات مربوط به فعالیت‌های ۱۶، ۱ و ۱۴ می‌باشد. لذا با توجه به موارد بدست آمده مشخص شد که احتمال خطای انسانی در مرحله خروج از بقیه مرحله‌ها بیشتر بوده و پس از آن در مرحله ارزشیابی بیشترین احتمالات دیده شد و کمترین احتمال خطا در مرحله آگاهی رخ داده است.

دلایلی که می‌تواند در افزایش احتمال خطا در مرحله ی خروج نقش داشته باشند، می‌تواند شامل: عدم شناخت کافی از مسیرهای خروج اضطراری، تعداد زیاد فعالیت‌های لازم در این مرحله (۷ فعالیت)، استرس و شتابزدگی و نداشتن آمادگی کافی باشد.

روش HEPI برای تعیین احتمال خطای انسانی و متعاقب آن ارزیابی ریسک در هنگام تجمع در شرایط اضطراری در ایستگاه‌های تقویت فشار گاز نیز کاربرد دارد. توانایی آمادگی کافی برای سناریوهای تجمع در شرایط اضطراری از طریق بهبود در آموزش، روش‌ها، سامانه‌های مدیریتی و تجهیزات، دست‌یافتنی است. از آنجا که هیچ سامانه‌ای نمی‌تواند عاری از خطای انسانی باشد، آماده سازی جهت پرداختن به چنین عواقبی از طریق ساختن سامانه‌هایی که سازگاری و تحمل بیشتری در مقابل خطا دارند، به کاهش ریسک کمک خواهد نمود. ابزارهایی نظیر HEPI می‌توانند درک عمومی از خطای انسانی، ساز و کارهایی که سبب خطا می‌شوند و حالاتی را که تحت چنین خطاهای انسانی رخ می‌دهند، پیش روی ما قرار دهند. جمع‌آوری اطلاعات خطای انسانی از طریق تمرین و رویدادهای واقعی، می‌تواند به شکل‌گیری بانک اطلاعاتی خطای انسانی منجر گردد. HEPI می‌تواند سبب تقویت

مهمترین محسنات این روش می‌تواند به کمی بودن آن اشاره نمود. اگرچه تا اندازه‌ای تحقیقات کاربردی به منظور کمی‌سازی احتمالات خطاهای انسانی وجود دارد ولی تنها برخی از این روش‌ها واقعاً در ارزیابی‌های عملی ریسک بکار برده شده‌اند. روش‌هایی که به عنوان وسیله‌ای برای تخمین HEP پیشنهاد شده است و کاربرد وسیعی داشته‌اند شامل Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART) (ارزیابی خطای انسانی و روش‌های کاهش آن)، Human Error Rate Prediction (THERP) (روش پیش‌بینی نرخ خطای انسانی) و SLIM (روش شاخص احتمال موفقیت) می‌باشند. اینها روش‌های مرجعی هستند که در اغلب متون خطای انسانی و عامل‌های انسانی از آنها نام برده و استفاده شده‌اند (Khan et al. 2006).

قابلیت استفاده از SLIM با رویکرد "چه می‌شود اگر؟"، جنبه مفید و قدرتمند این روش است که اجازه می‌دهد سناریوهای متفاوتی از شرایط اضطراری بطور مؤثر تجزیه و تحلیل شوند. از زمان انجام کار مقایسه‌ای که توسط Kirwan و همکاران در سال ۱۹۸۸ انجام شد، SLIM به روشی که با قضاوت‌های کارشناسانه بطور وسیعی تصدیق شده، تکامل یافته و بازخوردهای عددی را فراهم نموده که بصورت ورودی برای فرموله کردن احتمالات مرتبط با خطای انسانی بکار برده شده‌اند.

با کسب اجازه از مبدعان این روش و توضیح مکان اجرا، این پروژه در تاسیسات تقویت فشار گاز به مرحله اجرا گذاشته شد. نتایج بدست آمده در این تحقیق همبستگی نزدیکی با نتایج تحقیقات فیصل‌خان و همکاران داشت و نشان می‌دهد که با انجام اصلاحاتی می‌توان این روش را در صنایع مختلف پیاده نمود.

امید است که HEPI کمک کند تا خطای انسانی از شرایط تعیین‌مقصر پس از حادثه تبدیل به یک فرایند کاهش ریسک پیش‌فعال گردد.

مرجع این روش و همکاری های علمی قدردانی نمایند. همچنین این تحقیق با حمایت و پشتیبانی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و شرکت انتقال گاز ایران صورت پذیرفته که بدینوسیله مولفین مراتب تشکر و سپاس خود را از این شرکت و بخصوص منطقه ی سه عملیات انتقال گاز تقدیم می دارند.

جمع آوری داده ها، بهبودکیفیت پیش بینی های HEP و اقدامات تخفیف دهنده ی ریسک گردد.

### تشکر و قدردانی

پژوهشگران این تحقیق بر خود واجب می دانند از جناب آقای پرفسور فیصل خان و همکاران در دانشگاه مموریال کانادا به دلیل در اختیار گذاشتن نمودار های

جدول ۱- الف) پرسشنامه رتبه بندی شده تجمع برای شاخص HEPI - سناریوی نشت گاز (Wondea et al 1999)

| رتبه بندی تجمع   |                                       |    |                   |    |  |
|--|---------------------------------------|----|-------------------|----|--|
| (۱) چه چیزی آغاز کننده تجمع می باشد؟ (عامل رویداد، استرس، پیچیدگی)     |                                       |    |                   |    |  |
| ۲۰   | iii                                   | ۱۰ | ii                | ۰  | i  |
|  | نشت گاز                               |    | سقوط فرد به دریا  |    | پدید آمدن سوراخ یا شیر   |
| ۲۰   | vi                                    | ۳۰ | v                 | ۳۰ | iv   |
|  | برخورد کشتی                           |    | آتش سوزی و انفجار |    | آتش سوزی   |
| ۲۰   | ix                                    | ۲۰ | viii              | ۲۰ | vii  |
|  | افتادن فرد                            |    | سقوط هلیکوپتر     |    | ریزش   |
| مجموع ۲۰   |                                       |    |                   |    |  |
| (۲) ریسک مستقیم آغاز کننده تجمع چیست؟ (عامل رویداد، استرس، پیچیدگی)    |                                       |    |                   |    |  |
| ۰  |                                       |    |                   |    | i  |
|  |                                       |    |                   |    | تاثیر مخربی بر ساختار تأسیسات ندارد؛ مانع پیشرفت تجمع نمی گردد؛ سلامت کارکنان را تهدید نمی کند.            |
| ۱۰   |                                       |    |                   |    | ii   |
|  |                                       |    |                   |    | امکان ایجاد صدمه به سلامتی کارکنان، می تواند مانع پیشرفت تجمع گردد.  |
| ۳۰   |                                       |    |                   |    | iii  |
|  |                                       |    |                   |    | تاثیرات مخربی بر ساختار تأسیسات دارد؛ مانع پیشرفت تجمع می گردد؛ امکان از دست دادن زندگی کارکنان وجود دارد. |
| مجموع ۳۰   |                                       |    |                   |    |  |
| (۳) در زمان تجمع وضعیت هوا چگونه است؟ (عامل شرایط جوی، استرس، پیچیدگی) |                                       |    |                   |    |  |
| ۳۰   | i                                     | ۰  | i                 | ۰  | i  |
|  | (الف) $> 30^{\circ}\text{C}$          |    | (الف) بدون باد    |    | (الف) آفتابی / ابری  |
| ۲۰   | ii                                    | ۱۰ | ii                | ۱۰ | ii   |
|  | (ب) $30^{\circ}\text{C}$ تا $-21$     |    | (ب) باد           |    | (ب) بارانی   |
| ۱۰   | iii                                   | ۲۰ | iii               | ۲۰ | iii  |
|  | (ج) $0^{\circ}\text{C}$ تا $-20$      |    | (ج) باد قابل توجه |    | (ج) برفی / بوران   |
| ۰  | iv                                    | ۳۰ | iv                | ۳۰ | iv   |
|  | (د) $30^{\circ}\text{C}$ تا ۱         |    | (د) تندباد        |    | (د) کولاک  |
| ۱۰   | v                                     | ۳۰ | v                 | ۲۰ | v  |
|  | (ه) $30^{\circ}\text{C}$ <            |    | (ه) گردباد        |    | (ه) مه سنگین   |
| مجموع ۱۰   |                                       |    |                   |    |  |
| (۴) چه زمانی از شبانه روز تجمع آغاز شد؟ (استرس، پیچیدگی)               |                                       |    |                   |    |  |
| ۲۰   | ii                                    |    |                   | ۰  | i  |
|  | شب                                    |    |                   |    | روز  |
| ۳۰   | iv                                    |    |                   | ۲۰ | iii  |
|  | شب، پس از ساعت ۱۲ و پیش از ساعت ۶ صبح |    |                   |    | تعویض شیفت   |
| مجموع ۰  |                                       |    |                   |    |  |
| (۵) عنوان شغلی (نوع شغل) کارکنان چیست؟ (آموزش)                         |                                       |    |                   |    |  |
| ۲۰   | iii                                   | ۱۰ | ii                | ۱۰ | i  |
|  | تعمیرات                               |    | مهندس             |    | اپراتور  |
| ۳۰   | vi                                    | ۳۰ | v                 | ۳۰ | iv   |
|  | کارکنان خدماتی                        |    | کارکنان آشپزخانه  |    | اداری  |
| مجموع ۴۰   |                                       |    |                   |    |  |

|    |   |   |  |
|----|---|---|--|
|    |   | (۶) تجربه کارکنان در چه سطحی است؟ (تجربه، آموزش)                                      |  |
| ۲۰ | i. (الف) صفر تجمع   | ۳۰  | i. (الف) کار معمول   |
| ۱۰ | ii. (ب) ۱-۵ تجمع  | ۲۰  | ii. (ب) کار غیر معمول  |
| ۰  | iii. (ج) < ۵ تجمع   | ۱۰  | iii. (ج) دور از کار  |
|    |   | ۰   | iv. (د) < ۱۰ سال   |
|    |   |   | مجموع ۴۰   |
|    |   | (۷) افراد با توجه به شغل در زمان تجمع چطور مشخص می شوند؟ (استرس، تجربه، پیچیدگی)      |  |
| ۴۰ | iii. کلریدینی که تا به حال انجام نشده                         | ۱۰  | i. کار معمول که مشخص شده                                     |
|    |   |   | مجموع ۱۰   |
|    |   | (۸) شغل افراد در زمان تجمع تا چه حد پیچیده است؟ (پیچیدگی)                             |  |
| ۲۰ | ii. تا اندازه ای پیچیده و رویه ای                             | ۱۰  | i. بدون پیچیدگی  |
| ۴۰ | iv. بسیار پیچیده؛ رویه های پیچیده؛ نیاز به کار گروهی          | ۳۰  | iii. بسیار پیچیده و رویه ای                                  |
|    |   |   | مجموع ۴۰   |
|    |   | (۹) سطح حساسیت شغل در زمان تجمع در شرایط اضطراری چقدر است؟ (استرس)                    |  |
| ۲۰ | iii. منجر به افزایش تدریجی شدت و وسعت آغازکننده تجمع خواهد شد | ۰   | i. منجر به افزایش تدریجی شدت و وسعت آغازکننده تجمع نمی گردد. |
|    |   |   | مجموع ۱۰   |
|    |   | (۱۰) موقعیت فرد در ارتباط با آغاز کننده تجمع چگونه است؟ (استرس، پیچیدگی، عامل رویداد) |  |
| ۳۰ | iii. (ج) رویداد در مجاورت شخص آغاز شده است.                   | ۱۰  | i. (الف) رویداد در تأسیسات دیگری آغاز شده است.               |
| ۲۰ | iii. (ج) رویداد بر راههای خروج تاثیر می گذارد.                | ۰   | ii. (ب) ممکن است رویداد بر راههای خروج تاثیر گذارد.          |
|    |   |   | مجموع ۲۰   |
|    |   | (۱۱) در زمان تجمع چند نفر از کارکنان در تأسیسات بودند؟ (استرس، پیچیدگی)               |  |
| ۳۰ | iii. ۷۶-۱۰۰٪  | ۱۰  | ii. ۲۵-۷۵٪   |
|    |   |   | i. کمتر از ۲۵٪   |
|    |   |   | مجموع ۳۰   |
|    |   | (۱۲) آیا کارکنان هرگونه آموزش های تخصصی در این مورد دیده اند؟ (آموزش، پیچیدگی، استرس) |  |
| ۱۰ | ii. نشت یابی یا شناسایی گاز، آموزش داده نشده                  | ۱۰  | i. کمکهای اولیه، آموزش داده نشده                             |
| ۱۰ | iv. اطفاء حریق، آموزش داده نشده                               | ۱۰  | iii. امداد و نجات، آموزش داده نشده                           |
|    |   |   | مجموع ۱۰   |



جدول ۱- ب) پرسشنامه رتبه بندی شده تجمع برای شاخص HEPI - سناریوی آتش سوزی و انفجار

|   |     |                                       |    |
|---|-----|---------------------------------------|----|
| رتبه بندی تجمع  |     |                                       |    |
| (۱) چه چیزی آغاز کننده تجمع می باشد؟ (فکتور رویداد، استرس، پیچیدگی)     |     |                                       |    |
| ۲۰  | iii | ۱۰                                    | ۰  |
| ۲۰  | vi  | ۳۰                                    | ۳۰ |
| ۲۰  | ix  | ۲۰                                    | ۲۰ |
| <b>مجموع ۳۰</b>   |     |                                       |    |
| (۲) ریسک مستقیم آغاز کننده تجمع چیست؟ (فکتور رویداد، استرس، پیچیدگی)    |     |                                       |    |
| ۰   |     |                                       | ۰  |
| ۱۰  |     |                                       | ۱۰ |
| ۳۰  |     |                                       | ۳۰ |
| <b>مجموع ۳۰</b>   |     |                                       |    |
| (۳) در زمان تجمع وضعیت هوا چگونه است؟ (فکتور شرایط جوی، استرس، پیچیدگی) |     |                                       |    |
| ۳۰  | i   | ۰                                     | ۰  |
| ۲۰  | ii  | ۱۰                                    | ۱۰ |
| ۱۰  | iii | ۲۰                                    | ۲۰ |
| ۰   | iv  | ۳۰                                    | ۳۰ |
| ۱۰  | v   | ۳۰                                    | ۲۰ |
| <b>مجموع ۱۰</b>   |     |                                       |    |
| (۴) چه زمانی از شبانه روز تجمع آغاز شد؟ (استرس، پیچیدگی)                |     |                                       |    |
| ۲۰  | ii  | شب                                    | ۰  |
| ۳۰  | iv  | شب، پس از ساعت ۱۲ و پیش از ساعت ۶ صبح | ۲۰ |
| <b>مجموع ۰</b>  |     |                                       |    |
| (۵) عنوان شغلی (نوع شغل) کارکنان چیست؟ (آموزش)                          |     |                                       |    |
| ۳۰  | iii | تعمیرات                               | ۱۰ |
| ۳۰  | vi  | کارکنان خدماتی                        | ۳۰ |
| <b>مجموع ۴۰</b>   |     |                                       |    |

جدول ۲-الف) تعیین نرخ عامل های شکل دهی عملکرد برای تجمع در شرایط اضطراری تاسیسات فشار گاز، سال ۸۸-۱۳۸۷

| رتبه بندی         |         |                   |         |                   |         |                   |         |                   |         |                   |         |      |
|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|------|
| فاکتور شرایط جوی  |         | فاکتور رویداد     |         | تجربه             |         | آموزش             |         | پیچیدگی کار       |         | استرس             |         |      |
| آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز |      |
| ۱۰                | ۱۰      | ۸۰                | ۷۰      | ۵۰                | ۵۰      | ۹۰                | ۹۰      | ۱۷۰               | ۱۷۰     | ۱۵۰               | ۱۴۰     |      |
| نرخ دهی (د)       |         |                   |         |                   |         |                   |         |                   |         |                   |         |      |
| فاکتور شرایط جوی  |         | فاکتور رویداد     |         | تجربه             |         | آموزش             |         | پیچیدگی کار       |         | استرس             |         |      |
| آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز |      |
| میانگین           | میانگین | میانگین           | میانگین | میانگین           | میانگین | میانگین           | میانگین | میانگین           | میانگین | میانگین           | میانگین | ردیف |
| ۸۰                | ۸۰      | ۴۲/۵              | ۵۴      | ۷۲                | ۷۲      | ۴۵                | ۴۵      | ۷۷/۵              | ۷۷/۵    | ۵۳                | ۵۵      | ۱    |
| ۸۴                | ۸۴      | ۴۱/۵              | ۵۲/۵    | ۸۰                | ۸۰      | ۴۹                | ۴۹      | ۷۷/۵              | ۶۷/۵    | ۴۷/۵              | ۵۰      | ۲    |
| ۸۳/۵              | ۸۳/۵    | ۲۶                | ۳۶      | ۶۷                | ۶۷      | ۲۷/۵              | ۲۷/۵    | ۵۷                | ۵۷      | ۳۷                | ۴۰      | ۳    |
| ۷۹                | ۷۹      | ۲۲                | ۳۰      | ۶۰                | ۶۰      | ۳۵                | ۳۵      | ۴۹                | ۴۹      | ۳۴                | ۳۶      | ۴    |
| ۸۲                | ۸۲      | ۲۵                | ۳۰      | ۶۰                | ۶۰      | ۴۴                | ۴۴      | ۴۸                | ۴۸      | ۳۶                | ۳۸/۵    | ۵    |
| ۸۱                | ۸۱      | ۱۹                | ۲۵      | ۶۳/۵              | ۶۳/۵    | ۴۰                | ۴۰      | ۴۰                | ۴۰      | ۳۵                | ۳۸/۵    | ۶    |
| ۸۰                | ۸۰      | ۱۸                | ۲۴      | ۲۳                | ۲۳      | ۲۸                | ۲۸      | ۳۸/۵              | ۳۸/۵    | ۲۹                | ۳۲      | ۷    |
| ۷۸/۵              | ۷۸/۵    | ۲۱/۵              | ۲۸      | ۳۲                | ۳۲      | ۴۵                | ۴۵      | ۵۰                | ۵۰      | ۴۱                | ۴۳      | ۸    |
| ۷۹                | ۷۹      | ۲۰                | ۲۹      | ۴۸                | ۴۸      | ۳۵                | ۳۵      | ۴۱                | ۴۱      | ۳۴                | ۳۶      | ۹    |
| ۷۸                | ۷۸      | ۲۱                | ۲۷      | ۶۲                | ۶۲      | ۴۳                | ۴۳      | ۵۵                | ۵۵      | ۴۵                | ۴۷      | ۱۰   |
| ۷۵                | ۷۵      | ۲۴                | ۳۰      | ۵۱                | ۵۱      | ۳۹                | ۳۹      | ۴۹                | ۴۹      | ۴۳                | ۴۵      | ۱۱   |
| ۷۷/۵              | ۷۷/۵    | ۱۸                | ۲۶      | ۵۱                | ۵۱      | ۲۳                | ۲۳      | ۲۷/۵              | ۲۷/۵    | ۲۷/۵              | ۳۰      | ۱۲   |
| ۸۶                | ۸۶      | ۴۶                | ۵۲      | ۵۷                | ۵۷      | ۴۰                | ۴۰      | ۵۲/۵              | ۵۲/۵    | ۴۳/۵              | ۴۵      | ۱۳   |
| ۹۴                | ۹۴      | ۶۴                | ۷۱      | ۷۴                | ۷۴      | ۵۴                | ۵۴      | ۷۳                | ۷۳      | ۶۲                | ۶۴      | ۱۴   |
| ۸۶                | ۸۶      | ۵۲                | ۶۱      | ۶۲                | ۶۲      | ۵۰                | ۵۰      | ۵۹                | ۵۹      | ۵۳                | ۵۵      | ۱۵   |
| ۹۲                | ۹۲      | ۶۵                | ۷۵      | ۶۸                | ۶۸      | ۵۷                | ۵۷      | ۶۷                | ۶۷      | ۵۹                | ۶۱      | ۱۶   |

جدول ۲-ب) تعیین وزن استاندارد فاکتور شکل دهی عملکرد برای تجمع در شرایط اضطراری تاسیسات فشار گاز، سال ۸۸-۱۳۸۷

| رتبه بندی             |         |                   |         |                   |         |                   |         |                   |         |                   |         |      |
|-----------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|------|
| فاکتور شرایط جوی      |         | فاکتور رویداد     |         | تجربه             |         | آموزش             |         | پهچیدگی کار       |         | استرس             |         |      |
| آتش سوزی و انفجار     | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز |      |
| ۱۰                    | ۱۰      | ۸۰                | ۷۰      | ۵۰                | ۵۰      | ۹۰                | ۹۰      | ۱۷۰               | ۱۷۰     | ۱۵۰               | ۱۴۰     |      |
| وزن استاندارد شده (σ) |         |                   |         |                   |         |                   |         |                   |         |                   |         |      |
| فاکتور شرایط جوی      |         | فاکتور رویداد     |         | تجربه             |         | آموزش             |         | پهچیدگی کار       |         | استرس             |         | ردیف |
| آتش سوزی و انفجار     | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز |      |
| ۰/۳۱۷                 | ۰/۳۱۷   | ۰/۱۸۳             | ۰/۱۶۱   | ۰/۱۷              | ۰/۱۷    | ۰/۱۶۴             | ۰/۱۶۴   | ۰/۰۸۶             | ۰/۰۸۶   | ۰/۱۳۳             | ۰/۱۳    | ۱    |
| ۰/۱۹۲                 | ۰/۱۹۲   | ۰/۱۶              | ۰/۱۴۸   | ۰/۲۰۸             | ۰/۲۰۸   | ۰/۲۱۲             | ۰/۲۱۲   | ۰/۰۹۵             | ۰/۰۹۵   | ۰/۱۴۲             | ۰/۱۴    | ۲    |
| ۰/۱۲                  | ۰/۱۲    | ۰/۱۶۳             | ۰/۱۵۴   | ۰/۲۳۲             | ۰/۲۳۲   | ۰/۲۱۴             | ۰/۲۱۴   | ۰/۰۹۵             | ۰/۰۹۵   | ۰/۱۷۲             | ۰/۱۷    | ۳    |
| ۰/۱۵۷                 | ۰/۱۵۷   | ۰/۱۸۶             | ۰/۱۷۷   | ۰/۲۲۵             | ۰/۲۲۵   | ۰/۱۹              | ۰/۱۹    | ۰/۱۱۵             | ۰/۱۱۵   | ۰/۱۷۲             | ۰/۱۷    | ۴    |
| ۰/۱۲۷                 | ۰/۱۲۷   | ۰/۱۹۸             | ۰/۱۸۸   | ۰/۲۰۸             | ۰/۲۰۸   | ۰/۲۰۲             | ۰/۲۰۲   | ۰/۱۰۲             | ۰/۱۰۲   | ۰/۱۷۳             | ۰/۱۷۲   | ۵    |
| ۰/۱                   | ۰/۱     | ۰/۱۸۲             | ۰/۱۷۵   | ۰/۲۰۵             | ۰/۲۰۵   | ۰/۱۸۲             | ۰/۱۸۲   | ۰/۱۸              | ۰/۱۸    | ۰/۱۶۲             | ۰/۱۶۳   | ۶    |
| ۰/۱۲۱                 | ۰/۱۲۱   | ۰/۱۸۷             | ۰/۱۷۸   | ۰/۱۹۸             | ۰/۱۹۸   | ۰/۱۸۲             | ۰/۱۸۲   | ۰/۱۵۴             | ۰/۱۵۴   | ۰/۱۷۷             | ۰/۱۷۶   | ۷    |
| ۰/۲۱                  | ۰/۲۱    | ۰/۱۸۷             | ۰/۱۷۸   | ۰/۱۸۲             | ۰/۱۸۲   | ۰/۱۵۸             | ۰/۱۵۸   | ۰/۱۱۱             | ۰/۱۱۱   | ۰/۱۸۲             | ۰/۱۸    | ۸    |
| ۰/۱۶                  | ۰/۱۶    | ۰/۱۹۹             | ۰/۱۹۱   | ۰/۱۹۸             | ۰/۱۹۸   | ۰/۱۷              | ۰/۱۷    | ۰/۱۳۶             | ۰/۱۳۶   | ۰/۱۶۹             | ۰/۱۶۷   | ۹    |
| ۰/۲۱                  | ۰/۲۱    | ۰/۲۰۳             | ۰/۲     | ۰/۱۹              | ۰/۱۹    | ۰/۱۸              | ۰/۱۸    | ۰/۱۲۶             | ۰/۱۲۶   | ۰/۱۵              | ۰/۱۴۹   | ۱۰   |
| ۰/۱۸۵                 | ۰/۱۸۵   | ۰/۱۹۷             | ۰/۱۸۵   | ۰/۱۹۹             | ۰/۱۹۹   | ۰/۱۵۱             | ۰/۱۵۱   | ۰/۱۲۹             | ۰/۱۲۹   | ۰/۱۷۸             | ۰/۱۷۷   | ۱۱   |
| ۰/۱۴۱                 | ۰/۱۴۱   | ۰/۱۸۸             | ۰/۱۸    | ۰/۱۹۷             | ۰/۱۹۷   | ۰/۱۷              | ۰/۱۷    | ۰/۱۴۵             | ۰/۱۴۵   | ۰/۱۸۱             | ۰/۱۸    | ۱۲   |
| ۰/۰۷۴                 | ۰/۰۷۴   | ۰/۱۳۹             | ۰/۱۲۵   | ۰/۲۷              | ۰/۲۷    | ۰/۱۹۵             | ۰/۱۹۵   | ۰/۱۲۲             | ۰/۱۲۲   | ۰/۱۹۱             | ۰/۱۹    | ۱۳   |
| ۰/۰۴۲                 | ۰/۰۴۲   | ۰/۱۲۹             | ۰/۱۲    | ۰/۲۶۸             | ۰/۲۶۸   | ۰/۲۶۳             | ۰/۲۶۳   | ۰/۰۹۸             | ۰/۰۹۸   | ۰/۱۸۱             | ۰/۱۸    | ۱۴   |
| ۰/۰۷                  | ۰/۰۷    | ۰/۱۲۷             | ۰/۱۳    | ۰/۲۴۷             | ۰/۲۴۷   | ۰/۲۰۵             | ۰/۲۰۵   | ۰/۱۴۲             | ۰/۱۴۲   | ۰/۲۱۶             | ۰/۲۱۵   | ۱۵   |
| ۰/۰۵۷                 | ۰/۰۵۷   | ۰/۱۰۵             | ۰/۰۹۷   | ۰/۲۳۹             | ۰/۲۳۹   | ۰/۲۱۱             | ۰/۲۱۱   | ۰/۱۵۶             | ۰/۱۵۶   | ۰/۲۳              | ۰/۲۳    | ۱۶   |

جدول ۳-الف) تعیین شاخص احتمال موفقیت برای هر فعالیت تجمع در شرایط اضطراری تاسیسات فشار گاز، سال ۸۸-۱۳۸۷

| شاخص احتمال موفقیت ( $\psi = \delta \times \sigma$ ) |         |                   |         |                   |         |                   |         |                   |         |                   |         |      |
|--|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|------|
| فاکتور شرایط جوی                                     |         | فاکتور رویداد     |         | تجربه             |         | آموزش             |         | پیچیدگی کار       |         | استرس             |         | ردیف |
| آتش سوزی و انفجار                                    | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز |      |
| ۲۵/۳۶  | ۲۵/۳۶   | ۷/۷۷۷۵            | ۸/۶۹۴   | ۱۲/۲۴             | ۱۲/۲۴   | ۷/۳۸              | ۷/۳۸    | ۶/۵۷۹             | ۶/۵۷۹   | ۷/۰۴۹             | ۷/۱۵    | ۱    |
| ۱۶/۱۲۸   | ۱۶/۱۲۸  | ۶/۶۴              | ۷/۷۷    | ۱۶/۶۴             | ۱۶/۶۴   | ۱۰/۳۸۸            | ۱۰/۳۸۸  | ۶/۴۱۲۵            | ۶/۴۱۲۵  | ۶/۷۴۵             | ۷       | ۲    |
| ۱۰/۰۲  | ۱۰/۰۲   | ۴/۲۳۸             | ۵/۵۴۴   | ۱۵/۵۴۴            | ۱۵/۵۴۴  | ۸/۰۲۵             | ۸/۰۲۵   | ۵/۴۱۵             | ۵/۴۱۵   | ۶/۳۶۴             | ۶/۸     | ۳    |
| ۱۲/۴۰۳   | ۱۲/۴۰۳  | ۴/۰۹۲             | ۵/۳۱    | ۱۳/۵              | ۱۳/۵    | ۶/۶۵              | ۶/۶۵    | ۵/۶۳۵             | ۵/۶۳۵   | ۵/۸۴۸             | ۶/۱۲    | ۴    |
| ۱۱/۲۳۴   | ۱۱/۲۳۴  | ۴/۹۵              | ۵/۶۴    | ۱۲/۴۸             | ۱۲/۴۸   | ۸/۸۸۸             | ۸/۸۸۸   | ۴/۸۹۶             | ۴/۸۹۶   | ۶/۲۲۸             | ۶/۲۲    | ۵    |
| ۸/۱  | ۸/۱     | ۳/۴۵۸             | ۴/۳۷۵   | ۱۳/۰۱۷۵           | ۱۳/۰۱۷۵ | ۷/۲۸              | ۷/۲۸    | ۷/۲               | ۷/۲     | ۵/۶۷              | ۶/۲۷۵۵  | ۶    |
| ۹/۶۸   | ۹/۶۸    | ۳/۳۶۶             | ۴/۲۷۲   | ۶/۵۳۴             | ۶/۵۳۴   | ۶/۹۱۶             | ۶/۹۱۶   | ۵/۹۲۹             | ۵/۹۲۹   | ۵/۱۳۳             | ۵/۶۳۲   | ۷    |
| ۱۶/۴۸۵   | ۱۶/۴۸۵  | ۴/۰۲۰۵            | ۴/۹۸۴   | ۵/۸۲۴             | ۵/۸۲۴   | ۷/۱۱              | ۷/۱۱    | ۵/۵۵              | ۵/۵۵    | ۷/۴۶۲             | ۷/۷۴    | ۸    |
| ۱۲/۶۴  | ۱۲/۶۴   | ۳/۹۸              | ۵/۵۳۹   | ۹/۵۰۴             | ۹/۵۰۴   | ۵/۹۵              | ۵/۹۵    | ۵/۵۷۶             | ۵/۵۷۶   | ۵/۷۴۶             | ۶/۰۱۲   | ۹    |
| ۱۶/۲۸  | ۱۶/۲۸   | ۴/۲۶۳             | ۵/۴     | ۱۱/۷۸             | ۱۱/۷۸   | ۷/۷۴              | ۷/۷۴    | ۶/۹۳              | ۶/۹۳    | ۶/۷۵              | ۷/۰۰۳   | ۱۰   |
| ۱۳/۸۷۵   | ۱۳/۸۷۵  | ۴/۷۲۸             | ۵/۵۵    | ۱۰/۱۴۹            | ۱۰/۱۴۹  | ۵/۸۸۹             | ۵/۸۸۹   | ۶/۳۲۱             | ۶/۳۲۱   | ۷/۶۵۴             | ۷/۹۶۵   | ۱۱   |
| ۱۰/۷۸۶۵  | ۱۰/۷۸۶۵ | ۳/۳۸۴             | ۴/۶۸    | ۱۰/۰۴۷            | ۱۰/۰۴۷  | ۵/۶۱              | ۵/۶۱    | ۵/۴۳۷۵            | ۵/۴۳۷۵  | ۴/۷۹۶۵            | ۵/۴     | ۱۲   |
| ۶/۳۶۴  | ۶/۳۶۴   | ۶/۳۹۴             | ۶/۵     | ۱۵/۳۹             | ۱۵/۳۹   | ۷/۸               | ۷/۸     | ۶/۴۰۵             | ۶/۴۰۵   | ۸/۳۰۸۵            | ۸/۵۵    | ۱۳   |
| ۳/۹۴۸  | ۳/۹۴۸   | ۸/۲۵۶             | ۸/۵۲    | ۱۹/۸۳۲            | ۱۹/۸۳۲  | ۱۴/۲۰۲            | ۱۴/۲۰۲  | ۷/۱۵۴             | ۷/۱۵۴   | ۱۱/۲۲۲            | ۱۱/۵۲   | ۱۴   |
| ۶/۰۲   | ۶/۰۲    | ۷/۱۲۴             | ۷/۹۳    | ۱۵/۳۱۴            | ۱۵/۳۱۴  | ۱۰/۲۵             | ۱۰/۲۵   | ۸/۳۷۸             | ۸/۳۷۸   | ۱۱/۴۴۸            | ۱۱/۸۲۵  | ۱۵   |
| ۵/۲۴۴  | ۵/۲۴۴   | ۶/۸۲۵             | ۷/۲۷۵   | ۱۶/۲۵۲            | ۱۶/۲۵۲  | ۱۲/۰۲۷            | ۱۲/۰۲۷  | ۱۰/۴۵۲            | ۱۰/۴۵۲  | ۱۳/۵۷             | ۱۴/۰۳   | ۱۶   |

جدول ۳- ب) تعیین شاخص احتمال موفقیت کل برای سناریوی نشت گاز در شرایط اضطراری تاسیسات فشار گاز، سال ۸۸-۱۳۸۷

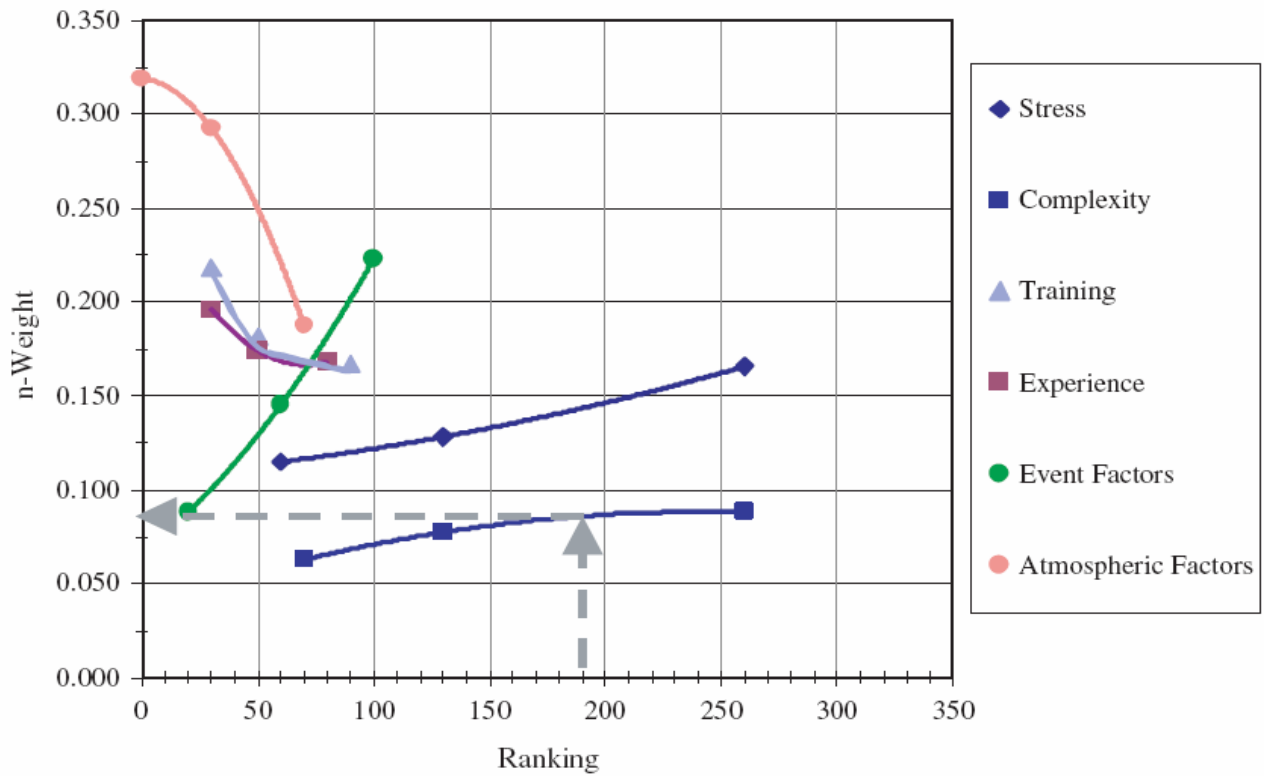
| $\Omega$ | $\Omega = \sum \psi$ |               |         |         |             |         | ردیف |
|----------|----------------------|---------------|---------|---------|-------------|---------|------|
|          | فاکتور شرایط جوی     | فاکتور رویداد | تجربه   | آموزش   | پیچیدگی کار | استرس   |      |
| نشت گاز  | نشت گاز              | نشت گاز       | نشت گاز | نشت گاز | نشت گاز     | نشت گاز |      |
| ۶۷/۴۰۳   | ۲۵/۳۶                | ۸/۶۹۴         | ۱۲/۲۴   | ۷/۳۸    | ۶/۵۷۹       | ۷/۱۵    | ۱    |
| ۶۴/۳۳۸۵  | ۱۶/۱۲۸               | ۷/۷۷          | ۱۶/۶۴   | ۱۰/۳۸۸  | ۶/۴۱۲۵      | ۷       | ۲    |
| ۵۱/۳۴۸   | ۱۰/۰۲                | ۵/۵۴۴         | ۱۵/۵۴۴  | ۸/۰۲۵   | ۵/۴۱۵       | ۸/۶     | ۳    |
| ۴۹/۶۱۸   | ۱۲/۴۰۳               | ۵/۳۱          | ۱۳/۵    | ۶/۶۵    | ۵/۶۳۵       | ۶/۱۲    | ۴    |
| ۴۹/۷۶    | ۱۱/۲۳۴               | ۵/۶۴          | ۱۲/۴۸   | ۸/۸۸۸   | ۴/۸۹۶       | ۶/۶۲۲   | ۵    |
| ۴۶/۲۴۸   | ۸/۱                  | ۴/۳۷۵         | ۱۳/۰۱۷۵ | ۷/۲۸    | ۷/۲         | ۶/۲۷۵۵  | ۶    |
| ۳۸/۹۶۳   | ۹/۶۸                 | ۴/۲۷۲         | ۶/۵۳۴   | ۶/۹۱۶   | ۵/۹۲۹       | ۵/۶۳۲   | ۷    |
| ۴۷/۶۹۳   | ۱۶/۴۸۵               | ۴/۹۸۴         | ۵/۸۷۴   | ۷/۱۱    | ۵/۵۵        | ۷/۷۴    | ۸    |
| ۴۵/۲۲۱   | ۱۲/۶۴                | ۵/۵۳۹         | ۹/۵۰۴   | ۵/۹۵    | ۵/۵۷۶       | ۶/۰۱۲   | ۹    |
| ۵۵/۲۳۳   | ۱۶/۲۸                | ۵/۴           | ۱۱/۷۸   | ۷/۷۴    | ۶/۹۳        | ۷/۰۰۳   | ۱۰   |
| ۴۹/۷۴۹   | ۱۳/۸۷۵               | ۵/۵۵          | ۱۰/۱۴۹  | ۵/۸۸۹   | ۶/۳۲۱       | ۷/۹۶۵   | ۱۱   |
| ۴۱/۹۶۱   | ۱۰/۷۸۶۵              | ۴/۶۸          | ۱۰/۰۴۷  | ۵/۶۱    | ۵/۴۳۷۵      | ۵/۴     | ۱۲   |
| ۵۱/۰۰۹   | ۶/۳۶۴                | ۶/۵           | ۱۵/۳۹   | ۷/۸     | ۶/۴۰۵       | ۸/۵۵    | ۱۳   |
| ۶۵/۱۷۶   | ۳/۹۴۸                | ۸/۵۲          | ۱۹/۸۳۲  | ۱۴/۲۰۲  | ۷/۱۵۴       | ۱۱/۵۲   | ۱۴   |
| ۵۹/۷۱۷   | ۶/۰۲                 | ۷/۹۳          | ۱۵/۳۱۴  | ۱۰/۲۵   | ۸/۳۷۸       | ۱۱/۸۲۵  | ۱۵   |
| ۶۵/۲۸    | ۵/۲۴۴                | ۷/۲۷۵         | ۱۶/۲۵۲  | ۱۲/۰۲۷  | ۱۰/۴۵۲      | ۱۴/۰۳   | ۱۶   |

جدول ۳- ج) تعیین شاخص احتمال موفقیت کل برای سناریوی آتش سوزی و انفجار در شرایط اضطراری تاسیسات فشار گاز، سال ۸۸-۱۳۸۷

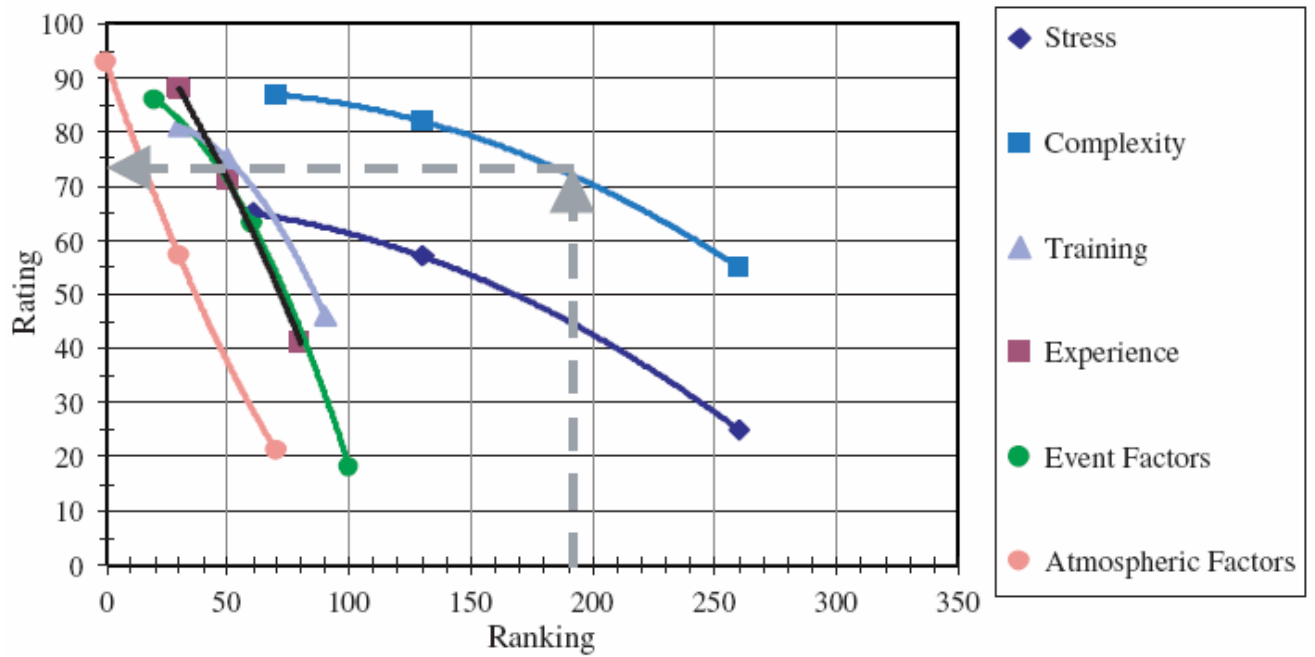
| $\Omega$          | $\Omega = \sum \psi$ |                   |                   |                   |                   |                   | $\Omega$ |
|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|
|                   | فکتور شرایط جوی      | فکتور رویداد      | تجربه             | آموزش             | پیچیدگی کار       | استرس             |          |
| آتش سوزی و انفجار | آتش سوزی و انفجار    | آتش سوزی و انفجار | آتش سوزی و انفجار | آتش سوزی و انفجار | آتش سوزی و انفجار | آتش سوزی و انفجار |          |
| ۶۶/۳۸۵۵           | ۲۵/۳۶                | ۷/۷۷۷۵            | ۱۲/۲۴             | ۷/۳۸              | ۶/۵۷۹             | ۷/۰۴۹             | ۱        |
| ۶۲/۹۵۳۵           | ۱۶/۱۲۸               | ۶/۶۴              | ۱۶/۶۴             | ۱۰/۳۸۸            | ۶/۴۱۲۵            | ۶/۷۴۵             | ۲        |
| ۴۹/۶۰۶            | ۱۰/۰۲                | ۴/۲۳۸             | ۱۵/۵۴۴            | ۸/۰۲۵             | ۵/۴۱۵             | ۶/۳۶۴             | ۳        |
| ۴۸/۱۲۸            | ۱۲/۴۰۳               | ۴/۰۹۲             | ۱۳/۵              | ۶/۶۵              | ۵/۶۳۵             | ۵/۸۴۸             | ۴        |
| ۴۸/۶۷۶            | ۱۱/۲۳۴               | ۴/۹۵              | ۱۲/۴۸             | ۸/۸۸۸             | ۴/۸۹۶             | ۶/۲۲۸             | ۵        |
| ۴۴/۷۲۵۵           | ۸/۱                  | ۳/۴۵۸             | ۱۳/۰۱۷۵           | ۷/۲۸              | ۷/۲               | ۵/۶۷              | ۶        |
| ۳۷/۵۵۸            | ۹/۷۸                 | ۳/۳۶۶             | ۶/۵۳۴             | ۶/۹۱۶             | ۵/۹۲۹             | ۵/۱۳۳             | ۷        |
| ۴۶/۴۵۱۵           | ۱۶/۴۸۵               | ۴/۰۲۰۵            | ۵/۸۲۴             | ۷/۱۱              | ۵/۵۵              | ۷/۴۶۲             | ۸        |
| ۴۳/۳۹۶            | ۱۲/۶۴                | ۳/۹۸              | ۹/۵۰۴             | ۵/۹۵              | ۵/۵۷۶             | ۵/۷۴۶             | ۹        |
| ۵۳/۸۴۳            | ۱۶/۳۸                | ۴/۲۶۳             | ۱۱/۷۸             | ۷/۴۴              | ۶/۹۳              | ۶/۷۵              | ۱۰       |
| ۴۸/۶۱۶            | ۱۳/۸۷۵               | ۴/۷۲۸             | ۱۰/۱۴۹            | ۵/۸۸۹             | ۶/۳۲۱             | ۷/۶۵۴             | ۱۱       |
| ۴۰/۰۶۱۵           | ۱۰/۷۸۶۵              | ۳/۳۸۴             | ۱۰/۰۴۷            | ۵/۶۱              | ۵/۴۳۷۵            | ۴/۷۹۶۵            | ۱۲       |
| ۵۰/۶۶۱۵           | ۶/۳۶۴                | ۶/۳۹۴             | ۱۵/۳۹             | ۷/۸               | ۶/۴۰۵             | ۸/۳۰۸۵            | ۱۳       |
| ۶۴/۶۱۴            | ۳/۹۴۸                | ۸/۲۵۶             | ۱۹/۸۳۲            | ۱۴/۲۰۲            | ۷/۱۵۴             | ۱۱/۲۲۲            | ۱۴       |
| ۵۸/۵۳۴            | ۶/۰۲                 | ۷/۱۲۴             | ۱۵/۳۱۴            | ۱۰/۲۵             | ۸/۳۷۸             | ۱۱/۴۴۸            | ۱۵       |
| ۶۴/۳۷             | ۵/۲۴۴                | ۶/۸۲۵             | ۱۶/۲۵۲            | ۱۲/۰۲۷            | ۱۰/۴۵۲            | ۱۳/۵۷             | ۱۶       |

جدول ۴- تعیین مقادیر احتمال خطای انسانی برای تجمع در شرایط اضطراری تاسیسات فشار گاز، سال ۸۸-۱۳۸۷

| HEP=1-POS (P)     |         | POS               |         | Log POS           |         | Ω                 |         | ردیف |
|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|------|
| آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز | آتش سوزی و انفجار | نشت گاز |      |
| ۰/۰۲۷۳            | ۰/۰۲۷۳  | ۰/۹۷۲۷            | ۰/۹۷۲۷  | -۰/۰۱۲            | -۰/۰۱۱  | ۶۶/۳۸۵۵           | ۶۷/۴۰۳  | ۱    |
| ۰/۰۳۸             | ۰/۰۳۴۹  | ۰/۹۶۲             | ۰/۹۶۵۱  | -۰/۰۱۶۸           | -۰/۰۱۵۴ | ۶۲/۹۵۳۵           | ۶۴/۳۳۸۵ | ۲    |
| ۰/۰۸۴۳            | ۰/۰۷۹۶  | ۰/۹۱۵۷            | ۰/۹۲۰۴  | -۰/۰۳۸۲           | -۰/۰۳۶  | ۴۹/۶۰۶            | ۵۱/۳۴۸  | ۳    |
| ۰/۰۹۰۳            | ۰/۰۸۴۳  | ۰/۹۰۷             | ۰/۹۱۵۷  | -۰/۰۴۱۱           | -۰/۰۳۸۲ | ۴۸/۱۲۸            | ۴۹/۶۱۸  | ۴    |
| ۰/۰۸۸             | ۰/۰۳۸۴  | ۰/۹۱۲             | ۰/۹۱۶   | -۰/۰۴             | -۰/۰۳۸۱ | ۴۸/۶۷۶            | ۴۹/۷۶   | ۵    |
| ۰/۲۴۵             | ۰/۰۹۶۶  | ۰/۷۵۵             | ۰/۹۰۳۴  | -۰/۰۱۲۲           | -۰/۰۴۴۱ | ۴۴/۷۲۵۵           | ۴۶/۲۴۸  | ۶    |
| ۰/۳۳۰۲            | ۰/۳۱۴۶  | ۰/۶۶۹۸            | ۰/۶۸۵۴  | -۰/۰۱۷۴           | -۰/۰۱۶۴ | ۳۷/۵۵۸            | ۳۸/۹۶۳  | ۷    |
| ۰/۲۲۰۲            | ۰/۶۱۱   | ۰/۷۷۹۸            | ۰/۳۸۹   | -۰/۰۱۰۸           | -۰/۰۴۱  | ۴۶/۴۵۱۵           | ۴۷/۶۹۳  | ۸    |
| ۰/۲۵۸۷            | ۰/۲۳۸   | ۰/۷۴۱۳            | ۰/۷۶۲   | -۰/۰۱۳            | -۰/۰۱۱۸ | ۴۳/۳۹۶            | ۴۵/۲۲۱  | ۹    |
| ۰/۰۷۱۱            | ۰/۰۶۶۸  | ۰/۹۲۸۹            | ۰/۹۳۳۲  | -۰/۰۳۲            | -۰/۰۳   | ۵۳/۷۴۳            | ۵۵/۲۳۳  | ۱۰   |
| ۰/۰۸۸             | ۰/۰۸۳۸  | ۰/۹۱۲             | ۰/۹۱۶۲  | -۰/۰۴             | -۰/۰۳۸  | ۴۸/۶۱۶            | ۴۹/۷۴۹  | ۱۱   |
| ۰/۳۰۰۲            | ۰/۲۷۵۶  | ۰/۶۹۹۸            | ۰/۷۲۴۴  | -۰/۰۱۵۵           | -۰/۰۱۴  | ۴۰/۶۱۵            | ۴۱/۹۶۱  | ۱۲   |
| ۰/۰۸۰۴            | ۰/۰۷۹۸  | ۰/۹۱۹۶            | ۰/۹۲۰۲  | -۰/۰۳۶۴           | -۰/۰۳۶۱ | ۵۰/۶۶۱۵           | ۵۱/۰۰۹  | ۱۳   |
| ۰/۰۳۴             | ۰/۰۳۲۲  | ۰/۹۶۶             | ۰/۹۶۷۸  | -۰/۰۱۵            | -۰/۰۱۴۲ | ۶۴/۶۱۴            | ۶۵/۱۷۶  | ۱۴   |
| ۰/۰۵۶             | ۰/۰۵۰۳  | ۰/۹۴۴             | ۰/۹۴۹۷  | -۰/۰۲۵            | -۰/۰۲۲۴ | ۵۸/۵۳۴            | ۵۹/۷۱۷  | ۱۵   |
| ۰/۰۳۴۴            | ۰/۰۳۲   | ۰/۹۶۵۶            | ۰/۹۶۸   | -۰/۰۱۵۲           | -۰/۰۱۴۱ | ۶۴/۳۷             | ۶۵/۲۸   | ۱۶   |



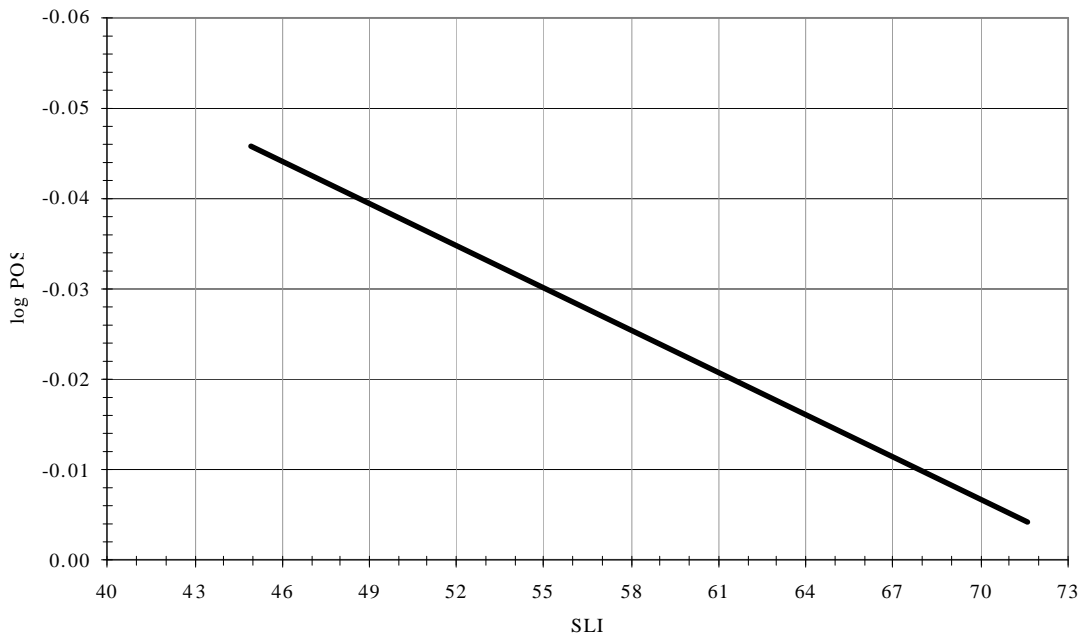
نمودار ۱- نمودار مرجع n- وزن PSF برای حرکت ۱ تجمع



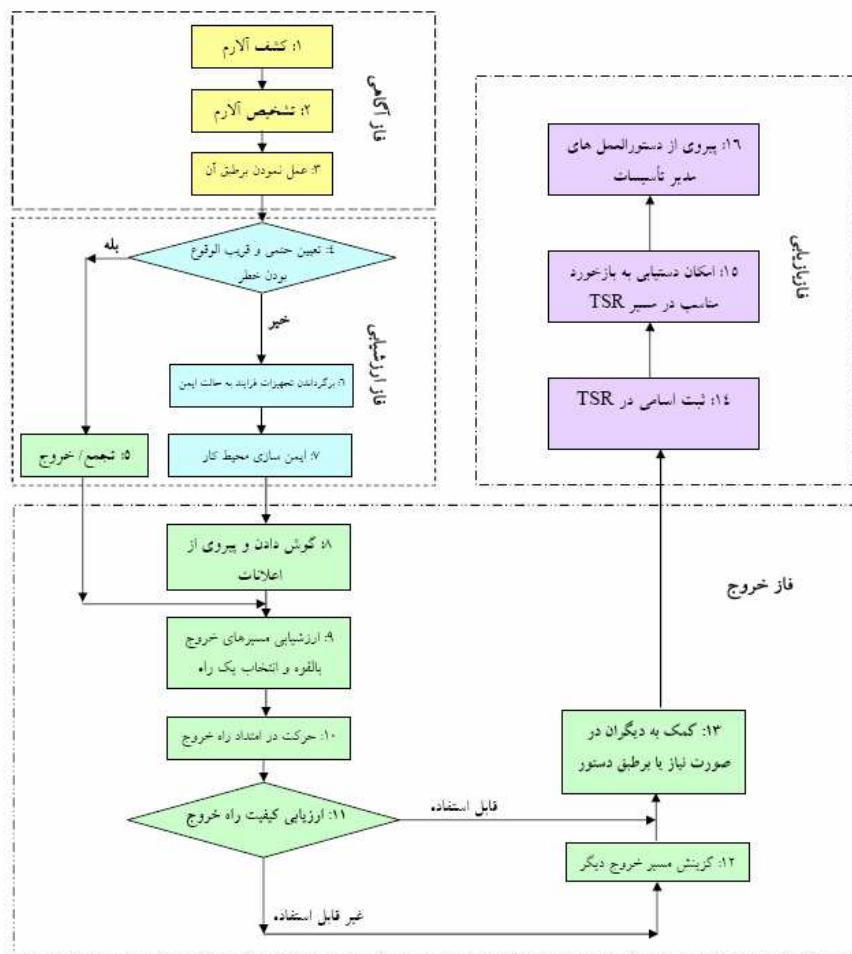
نمودار ۲- نمودار مرجع نرخ PSF برای حرکت ۱ تجمع



Log POS



نمودار ۳- نمودار مرجع احتمال موفقیت برای شاخص احتمال موفقیت با دامنه ۴۵-۷۲



شکل ۱- حرکت های تجمع به مرحله های تجمع شکسته شده در شرایط اضطراری تاسیسات فشار گاز، سال ۸۸-۱۳۸۷ (اعداد نشانگر توالی حرکت ها هستند).

## References

- Ahmadi, A., 2005a. *Safety Management in Oil, Gas & Petrochemical Industries*. Vol. 1: Engineering Approach to Human Errors. First Edition. Pourshad
- Ahmadi, A., 2005b. *Safety Management in Oil, Gas & Petrochemical Industries*. Vol. 2: Preventing Methods from Occurring Human Errors in Oil related Industries . First Edition. Sepehr Fatemi
- Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers. AIChE., 1994. *Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety*.
- Dekker, S., 2002. *The Field Guide to Human Error Investigations*, ASHGATE.
- DiMattia, D.G., Khan, F.I. Amyotte, P.R., 2005. *Determination of human error probabilities for offshore platform musters*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries. **18**, pp. 488–501
- Ghalenoy, M., 2006. *Safety Analysis for Control Room Operators Human Error in one of Petrochemical Industries using HEART Technique*. MSC thesis. Tarbiat Modarres University (TMU)
- Grozdanović, M. and Stojiljković E., 2006. *Framework for Human Error Quantification, Philosophy, Sociology and Psychology*. **5**, pp. 18-23
- Jahangiri, M., 2004. *Human Errors Identification And Analysis in Tehran Refinery Isomax Unit with PHEA technique*. MSC thesis. Occupational Health Department, School of Public Health, Tehran University of Medical Science
- Khan, F.I., Amyotte, P.R. and DiMattia, D.G., 2006. *HEPI: A new tool for human error probability calculation for offshore operation*. Safety Science. **44**, pp. 313–334
- Lees Frank, P., 2004. *Lees Loss Prevention in the Process Industries*. Vol.1. Third edition.
- Petersen, D., 1996. *Human Error Reduction and Safety Management*. Third Edition. Van Nostrand Reinhold
- Reason, J., 2000. *Human error: Models and management*. British Medical Journal. **320**, pp. 768-770
- Whittingham, R.B., 2004. *The Blame Machine: Why Human Error Causes Accidents*, Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Wondea, J., Jaewhan, K. and Jaejoo H., 1999. *Comparative Evaluation of Three Cognitive Error Analysis Methods Through an Application to Accident Management Tasks in NPPs*, Journal of the Korean Nuclear Society, **31**(6), pp.8-22.