ارزیابی و مدیریت خطاهای انسانی در شرایط اضطراری با استفاده از روش HEPI: مطالعه موردی در یک صنعت وابسته به نیروگاه

ایرج محمدفام[1*]، هانیه نیکومرام[2]، حسین یوسفی[3]، مینا پیرهادی[4]

چکیده

زمینه و هدف: خطاهای انسانی یکی از عوامل مهم در بروز حوادث می‌باشد. یکی از مهمترین فاکتورهای تأثیرگذار در احتمال بروز خطاهای انسانی، زمان است. به همین دلیل نرخ بروز این‌گونه خطاها در شرایط اضطراری بالا می‌رود. هدف اصلی این مطالعه ارزیابی و مدیریت خطاهای انسانی در هنگام آتش‌سوزی در یک شرکت تولیدی می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه برای ارزیابی و مدیریت خطاهای انسانی از روش "شاخص احتمال خطای انسانی" (HEPI)استفاده شد. برای این منظور سناریوی شرایط اضطراری بروز آتش‌سوزی در صنعت منتخب طراحی و مانور مقابله با آن اجرا شد. داده‌های جمع‌آوری شده جهت محاسبه احتمال موفقیت برای ١٦ حرکت مورد نیاز در شرایط اضطراری از نقطهٔ شروع تجمع تا آخرین حرکت در پناهگاه موقت ایمن، پردازش شدند.

یافته‌ها: بر اساس یافته‌های این مطالعه، بالاترین ریسک خطاهای انسانی به سه حرکت در فاز خروج یعنی: گوش دادن و پیروی از اعلانات، ارزشیابی مسیر خروج بالقوه و انتخاب یک راه و گزینش مسیر خروج دیگر اختصاص دارد.

نتیجه‌گیری: از آنجایی‌که کاهش احتمال بروز خطاهای انسانی می‌تواند به کاهش پیامدهای حوادث منتهی شود، نتایج این تحقیق بر شناسایی شرایط اضطراری شرکت و تدوین سناریوهای مناسب برای آنها، برگزاری منظم مانورهای مرتبط و تحلیل نتایج آنها به همراه ارائه بازخوردهای لازم به پرسنل تأکید می‌کند.

کلید واژگان: ایمنی، شرایط اضطراری، خطای انسانی، حادثه.

١- دانشیار گروه بهداشت حرفه‌ای.
٢- استادیار گروه مدیریت .HSE
٣- استادیار گروه مهندسی محیط زیست .
۴-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مدیریت HSE.

١- گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
٢و ٣و ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مدیریت HSE.دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

* نویسندهٔ مسؤول:
ایرج محمدفام؛ گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
تلفن: ۰۰۹۸۹۱۸۳۱۲۲۰۷۶
Email: Iraj-f@ yahoo.com

دریافت مقاله: ١٣٩١/٥/١٦ دریافت مقالهٔ اصلاح‌شده: ١٣٩١/٩/١ اعلام قبولی: ١٣٩١/٩/٧

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در دنیای پیشرفته امروزی، حوادث به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته محسوب می‌شود (۱). به‌طوری‌که سازمان بهداشت جهانی حوادث را به عنوان یک اپیدمی درحوزه بهداشت عمومی تلقی می‌کند (۲). در این میان، حوادث ناشی از کار در مقایسه با سایر حوادث، هزینه‌های انسانی و اقتصادی شدیدتری بر جوامع تحمیل می‌کنند. برای مثال روزانه به‌طور متوسط ٦۰۰۰ نفر در اثر حوادث و بیماریهای شغلی جان می‌سپارند که تعداد کل آنها در سال به بیش از ۲/۲ میلیون نفر می‌رسد (۳). بر اساس آمارهای موجود در ایالات متحدهٔ آمریکا سالیانه ۱۱/۳ میلیون نفر دچار جراحات شدید ناشی از شغل شده و حدود ۱۱۰۰۰ نفر نیز در اثر این حوادث می‌میرند(۳). هر چند که آمار دقیقی از حوادث ناشی از کار در ایران وجود ندارد، ولی نتایج یک مطالعه در ایران نشان می‌دهد که به ازای هر مرگ ناشی از حوادث شغلی به‌طور متوسط ۳۲/٦ سال زندگی و ۱۵/۸ سال مشارکت اقتصادی از بین می‌رود (٤). همچنین در ایران هزینه‌های مستقیم فوت هر فرد بیمه شده در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰ معادل ۳/۳٦٦ میلیارد ریال برآورد شده است (۵). از طرفی آمار حوادث نشان می‌دهد که عامل بیش از ۹۰ درصد از حوادث صنعتی، به طور مستقیم یا غیر مستقیم به خطاهای انسانی بر می‌گردد (٦). آنالیز حوادث بزرگ و فاجعه‌آوری مانند فلیکس بورو (۱۹۷٤)، تصادف هوایی تنریف ۲ (۱۹۷۷)، انفجار در نیروگاه اتمی تری‌مایل‌آیلند (۱۹۷۹)، حادثهٔ مرگبار بوپال هند (۱۹۸٤)، انفجار در فضاپیمای چلنجر (۱۹۸٦)، فاجعهٔ چرنوبیل (۱۹۸٦)، حادثه BP (۲۰۰۹) و امثال آنها نشان می‌دهد که خطاهای انسانی در بروز این حوادث نقش اساسی داشته‌اند (۷). یکی از اصلی‌ترین راه‌کارهای کنترلی خطاهای انسانی در کنار برنامه‌ریزی برای کاهش پیامدهای ناشی از خطاهای انسانی، تلاش برای کاهش احتمال بروز آنها متمرکز است (۸). شناسایی و کنترل فاکتورهای شکل‌دهندهٔ عملکرد Performance Shaping Factors (PSFs)، کلید کنترل نرخ بروز خطاهای انسانی است(۹). فاکتورهای شکل‌دهنده عملکرد عواملی هستند که بر احتمال بروز خطاهای انسانی تأثیر می‌گذارند (۱۰). یکی از مهمترین فاکتورهای شکل‌دهندهٔ عملکرد، زمان در دسترس (زمانی که فرد برای انجام وظیفه تعریف شده در اختیار دارد) محسوب می‌شوند (۱۱). بدیهی است هر چقدر زمان در دسترس برای انجام فعالیتی کمتر باشد، فرد برای انجام کار دقیق و صحیح خود تحت استرس‌های بیشتری قرار می‌گیرد. یکی از مهمترین وضعیت‌های استرس‌زا که در آن کارکنان لازم است در حداقل زمان ممکن اقدام به شناسایی و ارزیابی وضعیت موجود کرده و متناسب با آن واکنش مناسب از خود نشان دهند، بروز شرایط اضطراری می‌باشد (۱۲). از آنجا که دستیابی به ایمنی صد در صد ممکن نیست، بایستی در کنار اقدامات پیش‌گیرانه، طرحی برای مقابله با حوادث پیش‌بینی نشده و یا وضعیتهای اضطراری در سازمان وجود داشته باشد. به همین دلیل لازم است در کلیه سیستمهای عملیاتی به‌ویژه آن دسته که بروز خطاهای انسانی در آنها می‌تواند پیامدهای شدیدی را به‌دنبال داشته باشد، سناریوهای احتمالی بروز خطاهای انسانی، پیامدهای حاصله به‌دقت پیش‌بینی و اقدامات کنترلی لازم اعمال گردد. هدف مطالعهٔ حاضر شناسایی انواع خطاهای احتمالی در شرایط بروز آتش‌سوزی، تعیین احتمال بروز، شدت پیامد و ریسک کلی خطاهای یاد شده و ارائه راهکارهای کنترلی برای کاهش ریسک خطاهای شناسایی شده است.

روش بررسی

در این مطالعه ابزار مورد استفاده برای شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی، روش Human Error Probability Index (HEPI) بود. این روش با رویکردی کمّی و پویا به ترویج نگرشی منسجم در ارزیابی فاکتورهای انسانی در حرکتهای تجمع، هنگام بروز شرایط اضطراری، کمک می‌کند. در حال حاضر

Archive of SID

www.SID.ir

HEPI یکی از پر استفاده‌ترین روشهای موجود برای تعیین احتمال خطاهای انسانی در حین واکنش در شرایط اضطراری محسوب می‌شود (۱۱). در این روش احتمال تخمینی خطا برای هر حرکت تجمع از طریق مجموعه‌ای از گراف‌های مرجع تعیین می‌شود.

ترتیب تجمع در HEPI شامل ۱۶ حرکت متفاوت است که در شکل ۱ به نمایش درآمده است. سناریوهای تجمع مرجع که توسط ابداع‌کننده این تکنیک به کار برده شد، جهت پوشش دادن دامنه‌ای از شدتها به منظور بررسی تأثیر آنها بر روی ٦ فاکتور شکل‌دهندهٔ عملکرد تنظیم شده‌اند. این امر گسترش مجموعه‌ای از گرافهای مرجع را برای وزن و نرخ PSFs مقدور می‌سازد. ٦ فاکتور شکل‌دهی عملکرد که در این کار مورد استفاده قرار گرفتند عبارت‌اند از: فاکتور رویداد، استرس، پیچیدگی، شرایط جوی، تجربه و آموزش. در این روش برای هر حرکت در فعالیت تجمع، ٦ منحنی مرجع (یکی به ازای هر PSF) جهت تعیین وزن و نرخ وجود دارد. این منحنی‌ها بر روی یک گراف قرار می‌گیرند که در نهایت ۱٦ گراف مرجع برای وزن PSF (یکی برای هر حرکت تجمع) و ۱٦ گراف مرجع برای نرخPSF بدست می‌آید.

نمونه‌ای از گرافهای مرجع وزن و نرخ PSF در شکل ۲ نشان داده شده است که برای حرکت اول در فرآیند تجمع یعنی کشف هشدار اختصاص دارد. در گراف یاد شده مقادیر عمودی وزن و نرخ PSFs و مقادیر افقی رتبه‌بندی PSFs می‌باشد. نقاط داده شده برای هر PSF در هر یک از شکلها مربوط به دو سناریوی مرجع تجمع می‌باشد، زیرا ابداع‌کنندگان این تکنیک، برای تهیه گرافها از نتایج حاصله از برگزاری ۲ مانور با سناریوی آتش-سوزی و نشت گاز استفاده نمودند. در هنگام فقدان داده-ها، قضاوتهای کارشناسی در درجهٔ اول اهمیت قرار دارند. در مورد خطای انسانی در حین تجمع در شرایط اضطراری، داده‌های اندکی وجود دارد، از این رو گرافها در ابزار HEPI نیز بر اساس قضاوتهای کارشناسی تهیه گردیده و با آزمونهای آماری تحلیل شده‌اند (۱۱).

مراحل انجام کار در این تکنیک به شرح زیر می‌باشد:

گام ۱: تدوین سناریو، برگزاری مانور و جمع‌آوری داده‌ها: اولین مرحله در انجام مطالعه HEPI برگزاری مانور با سناریوی تجمع از پیش تعیین شده می‌باشد که به‌دنبال آن پرسش‌نامه رتبه‌بندی شده HEPI برای تجمع در شرایط اضطراری تکمیل می‌شود. سناریوی تعریف شده در این مطالعه برای شرایط اضطراری بروز آتش‌سوزی در کارخانه مورد مطالعه بود. این پرسش‌نامه بخشی از تکنیک HEPI بوده و شامل ۱۲ سؤال است که هر سؤال یک یا چند PSF مرتبط با آن را بررسی می‌کند.

گام ۲: رتبه‌بندی فاکتور شکل‌دهی عملکرد: فاکتورهای شکل‌دهی عملکرد به‌وسیله جمع مقادیر به‌دست آمده از پرسشها در پرسش‌نامهٔ رتبه‌بندی شده HEPI برای تجمع که مرتبط با PSF های ویژه هستند، رتبه‌بندی می‌گردند.

گام ۳: تعیین نرخ و وزن فاکتور شکل‌دهی عملکرد: نرخ و وزن PSFها بر مبنای رتبه‌های تعیین شده در گام ۲ تعیین می‌شود. این امر مستلزم استفاده از گرافهای مرجع می-باشد.

گام ٤: تعیین مقادیر شاخص احتمال موفقیت: برای محاسبهٔ شاخص احتمال موفقیت (Success Likelihood Index:SLI) برای هر فعالیت تجمع، مقادیر $\mathrm{SLI}(\psi)$ به عنوان حاصل‌ضرب وزن و نرخ برای هر PSF در یک حرکت تجمع، محاسبه می‌گردند:

$$SLI(\psi) = Weight(\sigma) \times rating(\delta)$$ (رابطهٔ ۱)

SLI کل (Ω) برای یک حرکت تجمع، مجموع SLIها برای شش PSF می‌باشد:

$$\Omega = \sum \psi$$ (رابطهٔ ۲)

گام ۵: تعیین مقادیر احتمال خطای انسانی: مقادیر لگاریتم احتمال موفقیت (Probability of Success:POS) برای هر حرکت تجمع از گرافهای مرجع SLI تعیین می-شود. گرافهای مرجع SLI دامنه‌ای از مقادیر SLI را پوشش می‌دهند. شکل ٤ گراف مرجع برای دامنهٔ متوسط

Archive of SID

www.SID.ir

از مقادیر SLI (۷۲ـ۴۵ = Ω) را نشان می‌دهد. این گراف و دو عدد دیگر برای دامنه‌های بالاتر و پایین‌تر Ω، ارتباط خطی بین POS و SLI را نشان می‌دهند که با استفاده از جمع‌آوری داده‌ها در حین فرایند بررسی، توسعه یافته‌اند.

برای تعیین احتمال موفقیت لازم معکوس لگاریتم POS (Anti Log) محاسبه می‌شود. متعاقب آن، احتمال خطای انسانی برای هر فعالیت تجمع با استفاده رابطه ۳ محاسبه می‌گردد:

HEP= 1- POS (رابطهٔ ۳)

گام ٦: تعیین امتیاز فازهای چهارگانه (آگاهی، ارزشیابی، خروج و بازیابی) توسط پرسش‌نامه مربوط به هر حرکت با استفاده از اعداد فازی مثلثی و تعیین دقت پرسش‌نامه توسط آزمون آلفای کرونباخ: جهت تعیین امتیاز هر یک از ٤ فاز موجود در این تکنیک از پرسش‌نامه کیفی پژوهشگر ساخته برای هر حرکت تجمع استفاده گردید که دقت پرسش‌نامه توسط آزمون آلفای کرونباخ محاسبه و عدد ۰/۸۱ به‌دست آمد. این پرسش‌نامه شامل ۹۵ سؤال بوده که در آن به هر یک از ١٦ حرکت در تکنیک HEPI امتیاز داده شد. این پرسش‌نامه توسط مدیران و سرپرستان سالنهای تولید، پرسنل واحد HSE، پرسنل واحد تأسیسات، تعمیر و نگهداری، و مدیران و سرپرستان واحدهای اداری شرکت تکمیل گردید. در اکثر چک لیست‌ها و پرسش‌نامه‌ها، گزینه‌ها غالباً به صورت کیفی هستند. در چنین مواردی نیاز است که داده‌های کیفی به صورت کمی درآمده و سپس مورد پردازش قرار گیرند. در تحقیق برای کمّی سازی پرسش‌نامهٔ کیفی مورد استفاده و با توجه به تعداد و ماهیت گزینه‌ها، مناسب‌ترین مقیاس یعنی اعداد فازی مثلثی مورد استفاده قرار گرفت (۱۱).

گام ۷: تعیین اهمیت نسبی هر فاز: به منظور محاسبه دقیق‌تر ریسک خطای انسانی لازم است که اهمیت نسبی فازها تعیین شود که برای این کار از روش وزن‌دهی زوجی استفاده شده است (۱۱).

گام۸: تعیین پیامد برای هر فعالیت و تخمین سطح ریسک: دسته‌بندی پیامد برای HEPI بر مبنای ٤ دسته پیامد کلیدی تجمع می‌باشد که عبارت‌اند از: بحرانی، بالا، متوسط و پایین. دامنهٔ پیامدهای بالقوه از تأخیرهای زمانی ساده تا از دست دادن زندگی متفاوت است. لازم است رتبه‌بندی شدت برای یکی از این چهار طبقه بر مبنای پیامد اصلی که از فعالیت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته نشأت می‌گیرد، انجام گیرد. سپس تبدیل نتایج به رتبه ریسک از طریق ماتریکس ریسک صورت می‌پذیرد. دسته‌بندی شدت پیامد در HEPI، بر مبنای ٤ عامل صورت می‌گیرد که در توانایی تجمع افراد در پناهگاه موقت ایمن (Temporary Safe Refuge:TSR) اثر داشته و عبارت‌اند از: توانایی خروج، افزایش مداوم عامل تجمع یعنی اثر زمان در تجمع، میزان ممانعت از دسترسی یک یا چند فرد به TSR و میزان آسیبهای جانی.

گام ۹: پیشنهاد اقدامات اصلاحی به منظور کاهش ریسک محاسبه‌شده با توجه به الویت ریسک: در این گام برای حرکتهای با ریسک بالا جدول اقدامات کاهشی ریسک از طریق بهبود در آموزش، دستور العمل‌ها، سیستمهای مدیریتی و تجهیزات تهیه می‌شود.

یافته‌ها

پس از تکمیل پرسش‌نامهٔ استاندارد رتبه‌بندی شده HEPI برای مانور آتش‌سوزی، رتبهٔ PSFها از جمع مقادیر به‌دست آمده از پرسش‌ها برای هر مانور به‌دست آمد(جدول ۱).

SLI کل در جدول ۲ آورده شده است. جدول ۳ نتایج تکمیل پرسش‌نامه و مقایسه آنها را با نتایج HEPI نشان می‌دهد.

در ادامه، نرخ و وزن فاکتورهای شکل‌دهی عملکرد نیز پس از تعیین رتبه‌ها از گرافهای مربوطه محاسبه گردید (جداول ٤و ۵).

در مرحلهٔ بعد، شاخص احتمال موفقیت محاسبه شد (جدول ٦).

Archive of SID

www.SID.ir

برای معنادار شدن عدد ریسک در جداول ریسک HEPI برای شدتهای بحرانی، بالا، متوسط و پایین بر اساس اصول کمّی‌سازی در تئوری فازی به ترتیب اعداد: ۷،۵،۳ و۱ در نظر گرفته شدند. برای احتمالهای مکرر، محتمل و بندرت به ترتیب اعداد: ۳،۵ و۱ در نظر گرفته شده است (۱۳). بر اساس تکنیک دلفی احتمال خطای مکرر در دامنهٔ ۰/۱ تا ۱، احتمال خطای محتمل در دامنهٔ ۰/۰۱ تا ۰/۱ و احتمال خطای به‌ندرت در دامنهٔ ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱ تعریف شد.

برای تعیین اهمیت نسبی هر فاز با روش وزن‌دهی زوجی از نظر خبرگان استفاده شد و برای هر یک از فازهای آگاهی، ارزشیابی، خروج و بازیابی به ترتیب وزنهای: ۵،۳، ۵ و۱ حاصل شد. به این ترتیب فازهای آگاهی و خروج دارای بیشترین اهمیت نسبی بوده، سپس فاز ارزشیابی قرار دارد و کمترین اهمیت نسبی مربوط به فاز بازیابی است. احتمال خطای انسانی برای هر حرکت توسط احتمال موفقیت محاسبه شد (جداول ۷).

جدول ۱:رتبه بندی فاکتورهای شکل‌دهی عملکرد

PSF	استرس	پیچیدگی کار	آموزش	تجربه	رویداد	شرایط جوی
آتش سوزی	۱۲۰	۱٤۰	٦۰	۵۰	۸۰	۱۰

جدول ۲: شاخص احتمال موفقیتکل (Ω)برای هر حرکت تجمع در مانورآتش سوزی

حرکت	آتش سوزی
۱	۷۱/٦۱
۲	۷۱/٤۸
۳	۵۹/۲
٤	۵۳/٤۵
۵	۵٤/۲٦
٦	۵۱/۷٦
۷	٤٤/۱۹
۸	۵۲/۰۳
۹	۵۰/۷۲
۱۰	۵۸/۳۷
۱۱	۵۳/۵۳
۱۲	٤۵/٤۹
۱۳	۵٦/٤٤
۱٤	۷۱/٦۸
۱۵	٦۲/۵۵
۱٦	٦۷/۸۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳: نتایج کمی پرسشنامه های تکمیل شده و مقایسه با نتایج HEPI

فاز	امتیاز هر فاز	حرکتهای موجود هر فاز	حرکتهایی با ریسک بالا
آگاهی	٪٥٤	حرکتهای ۱، ۲و۳	–
ارزشیابی	٪٥٧	حرکتهای ٤،٥، ٦ و ۷	۷
خروج	٪٦٠	حرکتهای ۸،۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲و ۱۳	۸، ۹ و۱۲
بازیابی	٪٥٢	حرکتهای ١٤، ١٥ و١٦	–

جدول٤: نرخ دهی فاکتورهای شکل دهی عملکرد (PSFs) برای مانورهای زلزله و آتش سوزی بر اساس گرافهای مرجع

نرخ دهی(δ)						
PSF	استرس	پیچیدگی کار	آموزش	تجربه	رویداد	شرایط جوی
حرکت	آتش سوزی	آتش سوزی	آتش سوزی	آتش سوزی	آتش سوزی	آتش سوزی
۱	٥٨	٨٢	٧١	٧٢	٤٢/٥	٨٠
۲	٥٥	٧٢	٧٢	٨٠	٤١/٥	٨٤
۳	٤٦	٦٣	٦٦	٦٧	٢٦	٨٣/٥
٤	٤٤	٥٤	٥٥	٦٠	٢٢	٧٩
٥	٤٥	٥٣	٥٩	٦٠	٣٧	٨٢
٦	٤٥	٤٨	٥٩	٦٣/٥	٣٠/٨	٨١
۷	٣٩	٤٥	٥٧	٣٣	٣٣	٨٠
۸	٥٠	٥٦	٦٠	٣٢	٣٩	٧٨/٥
۹	٤٤	٤٩	٥٧	٤٨	٢٠	٧٩
١٠	٥٣	٦١	٥٧	٦٢	٢١	٧٨
١١	٥١	٥٧	٥٠	٥١	٢٤	٧٥
١٢	٣٩	٤٤	٤٦	٥١	١٨	٧٦/٥
١٣	٥٠	٥٧	٥٣	٥٧	٤٦	٨٦
١٤	٦٨	٧٨	٦٩	٧٤	٦٤	٩٤
١٥	٦٠	٦٢	٦٠	٦٢	٥٢	٨٦
١٦	٦٥	٧١	٥٩	٦٨	٦٥	٩٢

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵:وزن‌دهی فاکتورهای شکل دهی عملکرد (PSFs) برای مانورهای زلزله و آتش سوزی بر اساس گرافهای مرجع

وزن استاندارد شده(σ)						
PSF	استرس	پیچیدگی کار	اموزش	تجربه	رویداد	شرایط
حرکت	اتش سوزی	اتش سوزی	اتش سوزی	اتش سوزی	اتش سوزی	اتش سوزی
۱	۰/۱۲۵	۰/۰۸۰	۰/۱۷٦	۰/۱۷	۰/۱۸۳	۰/۳۱۷
۲	۰/۱٤۰	۰/۰۹۵	۰/۲٤۵	۰/۲۰۸	۰/۱٦	۰/۱۹۲
۳	۰/۱۷۰	۰/۰۹۵	۰/۲۳۵	۰/۲۳۲	۰/۱٦۳	۰/۱۲
٤	۰/۱٦۵	۰/۱۱۲	۰/۱۸۷	۰/۲۲۵	۰/۱۸٦	۰/۱۵۷
۵	۰/۱۷۰	۰/۱۰۱	۰/۲۱۵	۰/۲۰۸	۰/۱۹۸	۰/۱۲۷
٦	۰/۱٦۵	۰/۱۸۳	۰/۱۸۵	۰/۲۰۵	۰/۱۸۲	۰/۱
۷	۰/۱۷۵	۰/۱۵۵	۰/۱۹۰	۰/۱۹۸	۰/۱۸۷	۰/۱۲۱
۸	۰/۱۷۸	۰/۱۱۲	۰/۱۷٤	۰/۱۸۲	۰/۱۸۷	۰/۲۱
۹	۰/۱۷۰	۰/۱۳۵	۰/۱۸۵	۰/۱۹۸	۰/۱۹۹	۰/۱٦
۱۰	۰/۱۵۰	۰/۱۲۵	۰/۱۸۳	۰/۱۹	۰/۲۰۳	۰/۲۱
۱۱	۰/۱۷۵	۰/۱۳۰	۰/۱۷۰	۰/۱۹۹	۰/۱۹۷	۰/۱۸۵
۱۲	۰/۱۷۸	۰/۱٤۵	۰/۱۷۵	۰/۱۹۷	۰/۱۸۸	۰/۱٤۱
۱۳	۰/۱۹۰	۰/۱۲٦	۰/۲۲۰	۰/۲۷	۰/۱۳۹	۰/۰۷٤
۱٤	۰/۱۷٦	۰/۰۹۵	۰/۲۹۵	۰/۲٦۸	۰/۱۲۹	۰/۰٤۲
۱۵	۰/۲۱۲	۰/۱٤۰	۰/۲۱۲	۰/۲٤۷	۰/۱۲۷	۰/۰۷
۱٦	۰/۲۳۲	۰/۱۵۵	۰/۲۳۲	۰/۲۳۹	۰/۱۰۵	۰/۰۵۷

جدول٦: شاخص احتمال موفقیت (SLI)برای هر حرکت تجمع در مانورهای زلزله و آتش سوزی

(δ) وزن ×(σ)نرخ = شاخص احتمال موفقیت						
PSF	استرس	پیچیدگی کار	آموزش	تجربه	رویداد	شرایط
حرکت	آتش سوزی	آتش سوزی	آتش سوزی	آتش سوزی	آتش سوزی	آتش سوزی
۱	۷/۲۵	٦/۵٦	۱۲/۵	۱۲/۲٤	۷/۷	۲۵/۳٦
۲	۷/۷	٦/۸٤	۱۷/٦	۱٦/٦٤	٦/٦	۱٦/۱۲۸
۳	۷/۸۲	٦	۱۵/۵	۱۵/۵٤٤	٤/۲	۱۰/۰۲
٤	۷/۲٦	٦	۱۰/۲	۱۳/۵	٤/۰۹	۱۲/٤۰۳
۵	۷/٦۵	۵/۳۵	۱۲/٦	۱۲/٤۸	٤/۹۵	۱۱/۲۳٤
٦	۷/٤۲	۸/۷۸	۱۱	۱۳/۰۱۷	۳/٤۵	۸/۱
۷	٦/۸۲	۷	۱۰/۸	٦/۵۳	۳/۳٦	۹/٦۸
۸	۸/۹	٦/۲۷	۱۰/٤	۵/۸۳	٤/۰۲	۱٦/٤۸
۹	۷/۵	٦/٦	۱۰/۵	۹/۵۰	۳/۹۸	۱۲/٦٤
۱۰	۷/۹۵	۷/٦	۱۰/٤	۱۱/۷۸	٤/۲٦	۱٦/۳۸
۱۱	۸/۹۲	۷/٤	۸/۵	۱۰/۱٤۹	٤/۷	۱۳/۸۷
۱۲	٦/۹٤	٦/۳۸	۸/۰۵	۱۰/۰٤۷	۳/۳	۱۰/۷۸
۱۳	۹/۵	۷/۲	۱۱/٦	۱۵/۳۹	٦/۳۹	٦/۳٦

Archive of SID

www.SID.ir

۱٤ ۱۵ ۱٦	۱۲ ۱۲/۷ ۱۵	۷/٤۱ ۸/٦۸ ۱۱	۲۰/۳ ۱۲/۷۲ ۱۳/٦	۱۹/۸۳ ۱۵/۳۱٤ ۱٦/۲۵۲	۸/۲ ۷/۱۲ ٦/۸	۳/۹٤ ٦/۰۲ ۵/۲٤٤

جدول ۷: مقادیر احتمال خطای انسانی، پیامدها و سطوح ریسک در مانور آتش سوزی

فاز	حرکت	Ω	POSlog	POS	HEP=1-POS	احتمال خطا (p)	پیامد(S)	ریسک S ×P=R		اهمیت نسبیفاز	الویت ریسک = ریسک × اهمیت فاز
آگاهی	۱	۷۱/٦۱	-۰/۰۰۳	۰/۹۹۳	۰/۰۰۷	۱	۵	متوسط	۵		۲۵
	۲	۷۱/٤۸	-۰/۰۰۳٤	۰/۹۹۳	۰/۰۰۷	۱	۵	متوسط	۵	۵	۲۵
	۳	۵۹/۲	-۰/۰۲٤	۰/۹٤٦	۰/۰۵۷	۳	۳	متوسط	۹		٤۵
ارزشیابی	٤	۵۳/٤۵	-۰/۰۳۳	۰/۹۲٦	۰/۰۷٤	۳	۳	متوسط	۹		۲۷
	۵	۵٤/۲٦	-۰/۰۳۱	۰/۹۳۱	۰/۰۷	۳	۵	متوسط	۱۵		٤۵
	٦	۵۱/۷٦	-۰/۰۳۵	۰/۹۲۲	۰/۰۸	۳	۵	متوسط	۱۵	۳	٤۵
	۷	٤٤/۱۹	-۰/۱۲۵	۰/۷٤۹	۰/۲۵۱	۵	۵	بالا	۲۵		۷۵
خروج	۸	۵۲/۰۳	-۰/۰۳٤	۰/۹۲٤	۰/۰۷٦	۳	۷	بالا	۲۱		۱۰۵
	۹	۵۰/۷۲	-۰/۰۳٦	۰/۹۲۰	۰/۰۸	۳	۷	بالا	۲۱		۱۰۵
	۱۰	۵۸/۳۷	-۰/۰۲۵	۰/۹٤٤	۰/۰۵٦	۳	۳	متوسط	۹	۵	٤۵
	۱۱	۵۳/۵۳	-۰/۰۳۲۵	۰/۹۲۸	۰/۰۷۲	۳	۳	متوسط	۹		٤۵
	۱۲	٤۵/٤۹	-۰/۰٤۲۵	۰/۹۰۷	۰/۰۹۳	۳	۷	بالا	۲۱		۱۰۵
	۱۳	۵٦/٤٤	-۰/۰۲۸	۰/۹۳۷	۰/۰٦۳	۳	۳	متوسط	۹		٤۵
بازیابی	۱٤	۷۱/٦۸	-۰/۰۰۳	۰/۹۹۳	۰/۰۰۷	۱	۵	پایین	۵		۵
	۱۵	٦۲/۵۵	-۰/۰۱۸۵	۰/۹۵۹	۰/۰٤۱	۳	۱	پایین	۳	۱	۳
	۱٦	٦۷/۸۹	-۰/۰۰۹	۰/۹۷۹	۰/۰۲۱	۳	۱	پایین	۳		۳

بحث

بر اساس یافته‌های مطالعه، بیشترین احتمال بروز خطا به ترتیب در ایمن‌سازی محیط کار (فاز ارزشیابی) و کمترین احتمال بروز خطا در کشف و تشخیص هشدار (فاز آگاهی) و ثبت اسامی در پناهگاه موقت (فاز بازیابی) رخ می‌دهد. ایمن‌سازی محیط کار آخرین حرکت قبل از مرحله خروج بوده و کارکنان در این مرحله موظفند دستگاه‌ها و سیستمهای خود را در حالت ایمن قرار داده و محیط کار خود را ترک کنند. رفتار مورد انتظار در این حرکت یکی از پر استرس‌ترین مراحل عملیاتی افراد محسوب می‌شود که در طی آن پرسنل بایستی با نهایت دقت و صحت و با سرعت بسیار بالا محیط کار خود را ایمن‌سازی کنند. حدود

بودن زمان تصمیم‌گیری و واکنش در این حرکت باعث تحمیل استرس زیاد بر پرسنل شده و احتمال خطای آنها را افزایش می‌دهد. این یافته مشابه یافته‌های دی متیو (DiMattia) و همکاران (۲۰۰۵) و هودوکلین و رزمن (Rozman، Hudoklin) و (۱۹۹۲) می‌باشد که بر تأثیر

Archive of SID

www.SID.ir

محدودیت زمان در دسترس بر افزایش احتمال بروز خطاهای انسانی تأکید کرده‌اند(۱٤، ۱۵). از طرف دیگر در این پژوهش کمترین احتمال بروز خطا در کشف و تشخیص هشدار بود. این یافته بر مناسب بودن کمیت و کیفیت هشدارها تأکید می‌کند. استفاده مناسب از انواع سیستم اعلام به همراه اطلاع‌رسانی و آموزش مناسب آنها به کارکنان باعث شده است که احتمال اشتباه کارکنان در دو

حرکت یاد شده در حداقل مقدار خود باشد. تأثیر مثبت طراحی و استفاده از سیستمهای مناسب هشداردهی شرایط اضطراری بر افزایش سرعت و دقت واکنش کارکنان در یافته‌های کانگ (Kang) و همکاران در سال ۲۰۱۱ و همچنین پارمر (Parmer) و همکاران در سال ۲۰۱۱ نیز مورد تأکید قرار گرفته است(۱٦-۱۷). شدیدترین پیامد خطاهای انسانی به سه حرکت گوش دادن و پیروی از اعلانات، ارزشیابی مسیر خروج بالقوه و انتخاب یک راه و گزینش مسیر خروج دیگر تعلق داشت که هر سه حرکت در فاز خروج قرار دارند. به‌عبارت دیگر پس از آگاهی اولیه پرسنل از خطرات بالفعل در آمده و ارزشیابی آنها، زمانی‌که پرسنل تصمیم به خروج از محل کار و حرکت به پناه-گاههای ایمن دارند در صورتی‌که دچار خطا شوند، پیامدهای شدیدتری در انتظار آنها خواهد بود. در صنعت مورد مطالعه، یکی از دلایل مهم این امر نقص در دستورالعملهای اجرایی در شرایط اضطراری بود. بررسیها نشان داد که گامهای اجرایی دستورالعملهای موجود در زمینهٔ خروج، از شفافیت لازم برخوردار نبوده و به‌طور وضوح در زمینهٔ نحوهٔ ارزشیابی مسیرهای خروج بالقوه دستورات لازم را ارائه نکرده بود. این یافته مشابه یافته‌های نمث و همکاران (۲۰۰۹) می‌باشد که در آن مطالعه نیز بر نقش دستورالعملهای اجرایی در اقدامات حین شرایط اضطراری تأکید شده است(۱۸). با محاسبهٔ ریسک خطاهای انسانی مشخص شد که بالاترین ریسک به سه حرکت در فاز خروج یعنی گوش دادن و پیروی از اعلانات، ارزشیابی مسیر خروج بالقوه و انتخاب یک راه و گزینش مسیر خروج دیگر اختصاص دارد. سه حرکت یاد شده در مقایسه با سایر حرکتها از نظر شدت پیامد در بالاترین سطح ممکن و از نظر احتمال بروز خطا در ردهٔ دوم قرار داشتند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش از میان چهار فاز مورد نیاز برای تجمع در شرایط آتش‌سوزی، فاز خروج را بحرانی تعیین کرد. این یافته بر ضرورت بازنگری و اصلاح دستورالعمل شرایط اضطراری آتش‌سوزی و برگزاری مانورهای بیشتر و تحلیل نتایج آنها به همراه ارائهٔ بازخوردهای مناسب به کارکنان تأکید دارد.

منابع

1-DeArmond S, Chen PY. Occupational safety: The role of workplace sleepiness. Accid Anal Prev 2009;41(5):976-84.
2-Yakovlev P, Sobel RS. Occupational safety and profit maximization: Friends or foes? J Socio-Economics 2010;39:429-35.
3-Hamalainen P, Jukka T, Kaija LS. Global estimates of fatal work-related diseases. Am J Ind Med 2007;50 (1):28–41.
4-Mohammadfam I. [Epidemiological evaluation of fatal occupational accidents and estimation of related human costs in tehran]. Tabib-e-SHargh 2006; 4(8):299-307. [In Persian]
5-Mohamadfam I. [Human costs of fatal occupational accidents in insured people in Tehran]. Iran Occup Health 2007;4(1):4-9. [In Persian]
6-Reinach S, Viale A. Application of a human error framework to conduct train accident/incident investigations. Accid Anal Prev 2006; 38(2): 396-406.

Archive of SID
www.SID.ir

7-Dekker SW. Reconstructing human contributions to accidents: the new view on error and performance. J Safety Res 2002;33(3):371-85.
8-Moriyama T, Ohtani H. Risk assessment tools incorporating human error probabilities in the Japanese small-sized establishment. Safety Sci 2009;47:1379-97.
9-Kim J, Park J. Reduction of test and maintenance human errors by analyzing task characteristics and work conditions. Prog Nucl Energ 2012;58:89-9.
10-Deacon T, Amyotte PR, Khan FI. Human error risk analysis in offshore emergencies. Safety Sci 2010;48:803-18.
11-Khan FI, Amyotte P, DiMattia D. HEPI: A new tool for human error probability calculation for offshore operation. Safety Sci 2006;44 (4):313-34.
12-Fahmi M, Wang B, Hipnie. The reliability and validity of basic offshore safety and emergency training knowledge test. J King Saud Univ- Eng Sci 2012;24(2):95-105.
13-Lijuan C, Shinan C. An approach of ahp for human factors analysis in the aircraft icing accident. Procedia Eng 2011:17;63-9.
14-DiMattia DG, Khan FI, Amyotte PR. Determination of human error probabilities for offshore platform musters. J Loss Prev Process Ind 2005;18 (4):488-501.
15-Hudoklin A, Rozman V. Human errors versus stress. Reliab Eng Sys Safe 1992;37:231-6.
16-Kang HT, Sung CH, Lee JK. Signal interfacing between systems and cabinets for a phased I & Csafety systems upgrade in nuclear power plants. Nucl Eng Des 2011;241(8):3290-305.
17-Parmer J, Corso P, Ballesteros MF. A cost analysis of a smoke alarm installation and fire safety education program. J Safety Res 2006;37(4):367-73.
18-Nemeth E, Bartha T, Fazekas C, Hangos KM. Verification of a primary-to-secondary leaking safety procedure in a nuclear power plant using coloured petri nets. Reliab Eng Sys Safe 2009;94:942-53.

Archive of SID

www.SID.ir

Assessment and management of human errors in emergency situations by HEPI method (case study:a Manufacturing industry)

Iraj Mohamadfam[1*], Hanieh Nikomaram[2], Hossein Yoosefi [3], Mina Pirhadi[4]

1- Associate Professor of Occupatinal Health.
2- Assistant Professor of Management HSE
3- Assistant Professor of Engineering Environment.
4-MS.c student of Management HSE.

1-Department of Occupatinal Health, School of Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran.
2,3,4- Islamic Azad University Sciences and Research Branch Tehran, Tehran, Iran.

**Corresponding author:*
Iraj Mohamadfam; Department of Occupatinal Health, School of Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran.
Tel: +989183122076
Email: Iraj-f@yahoo.com

Abstract

Introduction: Human errors are one of the most important causes of accidents. Because time limitation is the most effecting factor in human errors, the likelihood of these errors in emergencies' is higher than normal conditions. This study was aimed to manage and evaluate human errors in a case of fire in a manufacturing company.

Methods and Materials: In this study Human Error Prediction Index (HEPI) was used in order to evaluate the human errors. The scenario of fire was designed and the relevant maneuver was performed; then the results were studied in detail. Data were collected and analyzed in order to calculate the probability of success in 16 required movements from the muster point to the temporary safe shelter.

Results: Based on the findings of this study, the highest human error risk is allocated to egress Phase including, listening and following PA announcements, Evaluating potential egress paths and choosing a route and an alternate route if egress path is not tenable.

Conclusion: Since reducing the risk of human errors can lead to decrease in the consequences of accidents, the findings of this study emphasize the need of identifying emergencies and developing appropriate scenarios, holding emergency response exercises and analyzing them and providing the necessary feedback for the staff.

Keywords: Accident, Emergency, human error, Safety.

Received: 6.8.2012 **Revised: 21.11.2012** **Accepted: 27.11.2012**

Archive of SID

www.SID.ir