فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ۱۳، شماره۳، پائیز ۱۴۰۰
صفحه: ۶۶-۵۷

Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol. 13, No.3, Autumn 2021
Pages: 57-66

شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل اپوکسی یک شرکت لوله سازی با استفاده از تکنیک HEC

غلامعباس شیرالی[۱]، بهنوش جعفری[۲*]، فاطمه رئوفیان[۳]

چکیده

مقدمه: امروزه در بسیاری از محیط‌های شغلی، بروز یک خطای انسانی می‌تواند به حادثه‌ای فاجعه‌بار منتهی شود که خطاهای انسانی عامل اصلی حوادث محسوب می‌شوند. با توجه به نقش حیاتی اتاق کنترل در هدایت و کنترل سایت‌های مختلف صنعت لوله‌سازی به‌خصوص بخش پوشش خارجی، رخداد هرگونه خطایی می‌تواند منجر به حوادث انسانی، آسیب به ماشین‌آلات، وقفه در تولیدات شود. هدف از پژوهش حاضر شناسایی و ارزیابی خطای انسانی به روش Human Error Calculator (HEC) در اتاق کنترل اپوکسی یک شرکت لوله‌سازی است.

روش بررسی: در پژوهش توصیفی- مقطعی حاضر از روش HEC جهت شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی استفاده گردید. تکنیک HEC توسط شرکت Risk Map ارائه‌شده است و در آن احتمال خطای انسانی بر اساس پنج فاکتور مؤثر بر رخداد خطای انسانی شامل درجه‌ی فوریت، پیچیدگی، اهمیت، درجه‌ی مهارت فردی و تکرار وظیفه و با استفاده از یک ابزار دیسکی شکل تحت عنوان Risk Disk و از طریق مشاهده مستقیم، دستورالعمل‌های موجود و مصاحبه با سرپرست واحد مذکور تعیین می‌شود.

نتایج: با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مشخص گردید که از ۱۱ وظیفه شناسایی‌شده، ۵ وظیفه شغلی با عدد ریسک ۷۰ درصد دارای احتمال خطای انسانی زیاد، ۴ وظیفه شغلی با عدد ریسک ۵۰ درصد و یک وظیفه شغلی با عدد ریسک ۴۰ درصد دارای احتمال خطای انسانی متوسط است و یک وظیفه شغلی با عدد ریسک ۲۰ درصد دارای احتمال خطای انسانی در حال افزایش است.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که روش HEC کاربری آسانی داشته و یک ابزار ساده و مفید برای متخصصان به‌منظور محاسبه احتمال بروز خطای انسانی می‌باشد. علاوه براین، HEC یک روش کاربردی، مؤثر و سودمند برای مدیران به‌منظور کاهش خطای انسانی است.

واژه‌های کلیدی: خطای انسانی، اتاق کنترل، اپوکسی، لوله‌سازی، HEC

[۱] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

[۲*] کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

[۳] کارشناس مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

* (نویسنده مسئول)؛ تلفن تماس: ۰۹۲۱۰۸۲۷۵۲۷، پست الکترونیک: behnoosh.jafari@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۲

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8199]

مقدمه

حوادث صنعتی یکی از مشکلات عمده جوامع امروزی است. مطالعات انجام‌شده در زمینه‌ی حوادث نشان می‌دهد که مهم‌ترین و اصلی‌ترین علت در بروز آن‌ها عامل انسانی است(۱). به‌طوری‌که ۶۰ تا ۹۰ درصد از حوادث به‌طور مستقیم از خطاها و اشتباهات انسانی ناشی می‌شوند(۲). هرچند پیشرفت‌های روزافزون درزمینه تکنولوژی به‌شدت از حضور فیزیکی نیروی انسانی در محیط‌های کاری کاسته است؛ اما با تعریف جایگاه جدید هنوز در بسیاری از محیط‌های کاری نیروی انسانی بااهمیت‌ترین و درعین‌حال بحرانی‌ترین عنصر در سیستم‌های کاری محسوب می‌شود؛ به‌طوری‌که در هرلحظه حجم عظیمی از اطلاعات را جمع‌آوری و پردازش می‌نماید و بر مبنای آن تصمیم‌گیری می‌کند. بدیهی است که بروز کوچک‌ترین خطای انسانی در هریک از این مراحل یادشده در بسیاری از محیط‌های صنعتی می‌تواند به حادثه‌ای فاجعه‌بار منتهی شود(۳،۴). بر اساس داده‌های انجمن بین‌المللی ایمنی ایالت متحده آمریکا، در هرسال حدود ۲۲۰۰ مرگ و ۲۲۰۰۰۰ جراحت ناتوان‌کننده براثر حوادث شغلی اتفاق می‌افتد که موجب تحمیل هزینه قابل‌ملاحظه‌ای می‌گردد(۵). به همین دلیل، شناسایی خطاهای انسانی به‌ویژه در سیستم‌های حساس و پیچیده و پیش‌بینی راه‌های کنترلی، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. حوادث گوناگون در نقاط مختلف جهان شواهدی بر این ادعا هستند که، از آن جمله می‌توان به حادثه هسته‌ای چرنوبیل در سال ۱۹۸۶، حادثه تری مایلند در سال ۱۹۷۹، حادثه بوپال هند در سال ۱۹۸۴ و حادثه انفجار در صنایع شیمیایی فلیگسبورگ در سال ۱۹۷۴ اشاره کرد(۶).

در حال حاضر روش‌های متعددی برای شناسایی خطاهای انسانی معرفی‌شده‌اند که برای نمونه می‌توان به مواردی نظیر SHERPA، CREAM SPEAR، TRACEr، HET، TAFE، HEART، HEIST و ATHEANA اشاره کرد که هرکدام دارای نقاط ضعف و قوت متفاوتی هستند. انتخاب تکنیک مناسب گام اول و اساسی در مطالعات ارزیابی ریسک‌های حاصل از خطاهای انسانی می‌باشد(۷). یکی از بهترین تکنیک‌ها برای ارزیابی قابلیت اطمینان انسانی، تکنیک HEC(Human Error Calculator) می‌باشد. این تکنیک توسط شرکت Risk Map ارائه‌شده است و در آن احتمال خطای انسانی بر اساس پنج فاکتور مؤثر بر رخداد خطای انسانی شامل درجه‌ی فوریت، پیچیدگی، اهمیت، درجه‌ی مهارت فردی و تکرار وظیفه و با استفاده از یک ابزار دیسکی شکل تحت عنوان Risk Disk تعیین می‌شود(۸).

اتاق کنترل قلب تپنده هر سیستم و مجموعه محسوب می‌گردد. در اتاق کنترل تمام فرایندها، عملیات، مراحل انجام کار، دستگاه‌ها و تجهیزات مرتبط با آن‌ها می‌توانند به‌صورت متمرکز یا غیرمتمرکز توسط اپراتورها تحت کنترل و پایش قرار گیرند. به همین منظور، منابع و امکانات گسترده‌ای شامل انواع نشانگرها، کنترلرها، فلوچارت، نمودار دستگاه‌های مدار بسته، علائم هشداردهنده سمعی و بصری، دستگاه‌های ایمنی، کامپیوتر، پردازشگرهای نرم‌افزاری و چاپگر در این اتاق موجود می‌باشد(۹).

بیشتر خطاهای روی‌داده در اتاق کنترل به دلیل عدم در نظر گرفتن محدودیت‌های انسانی در زمان طراحی و ساخت تجهیزات و یا تغییرات در طراحی وسایل و تجهیزاتی است که قبلاً پرسنل با آن‌ها آشنا بوده است که درنتیجه اپراتور را دچار خطا می‌کند. این در صورتی است که اگر قبل از طراحی سیستم و یا ماشین به محدودیت‌های انسانی و خصوصیات افراد مورداستفاده آن توجه شود و پس از طراحی نیز، پرسنل آموزش مناسب در جهت کار را داشته باشند تا حد زیادی می‌توان از ایجاد حوادث توسط انسان پیشگیری نمود. بنابراین این پژوهش به شناسایی و تحلیل خطاهای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل می‌پردازد و با توجه به اهمیت مطالب ذکرشده و با درنظرگرفتن غیرقابل‌اعتماد بودن عنصر انسان، وفور صنایع فلزی در ایران و محدود بودن مطالعات خطای انسانی در حرفه موردنظر، هدف از پژوهش حاضر شناسایی و ارزیابی خطای انسانی به روش HEC در اتاق کنترل اپوکسی یک شرکت لوله‌سازی است تا با شناسایی و آنالیز خطاهای انسانی و ارائه راهکارهای لازم در جهت بهبود فعالیت‌ها، به افزایش ایمنی و حذف یا کاهش این خطاها در اپراتورهای اتاق کنترل کمک نمود.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8199]

روش بررسی

پژوهش توصیفی- مقطعی حاضر به‌منظور شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی در اپراتورهای اتاق کنترل اپوکسی در یک شرکت لوله‌سازی در ایران انجام شد. در گام اول تیمی متشکل از ۴ نفر، ۲نفر کارشناس بهداشت حرفه‌ای، سرپرست واحد پوشش خارجی و اپراتور اتاق کنترل جهت شناسایی و ارزیابی وظایف/زیر وظایف تشکیل شد. در این مطالعه یک تحلیل سلسله مراتبی وظیفه از طریق مشاهده مستقیم تمامی مراحل کاری، مصاحبه با اپراتورها، بررسی دستورالعمل‌ها و اسناد گذشته همراه با ارزیابی وظایف مختلف اپراتورهای اتاق کنترل انجام شد و بر همین اساس، ارزیابی احتمال بروز خطای انسانی در وظایف/ زیر وظایف اپراتورهای اتاق کنترل اپوکسی به‌عنوان هدف مطالعه حاضر تعیین گردید و درنهایت برای محاسبه احتمال خطای انسانی روش HEC مورداستفاده قرار گرفت. درنتیجه ۱۱ وظیفه اصلی و بحرانی که توسط پارامترهای موجود در روش قابلیت ارزیابی داشتند شناسایی گردید و در گام بعد احتمال بروز خطای انسانی بر اساس پنج فاکتور مؤثر بر رخداد خطای انسانی شامل درجه‌ی فوریت، پیچیدگی، اهمیت، درجه‌ی مهارت فردی و تکرار وظیفه و با استفاده از یک ابزار دیسکی شکل تحت عنوان Risk Disk تعیین شد.

روش کار مطابق با راهنمای گام‌به‌گام روش HEC (۸) مراحل زیر برای ارزیابی خطاهای انسانی در اپراتورهای اتاق کنترل اپوکسی انجام شد.

مرحله‌ی ۱(محاسبه عدد UCI: Urgency, Complexity, Importance)

درجه‌ی اهمیت، فوریت و پیچیدگی (UCI) برای هر یک از وظایف کاری موردنظر با استفاده از جدول شماره ۱ از طریق مصاحبه با اپراتورها و سرپرستان تعیین شد، سپس این اعداد در ابزار دیسکی شکل برای تعیین عدد UCI قرار داده شد درنتیجه عدد UCI برای هر وظیفه به‌صورت اختصاصی به دست آمد.

جدول ۱. تعیین درجه فوریت، پیچیدگی و اهمیت در روش HEC

ردیف	فوریت	پیچیدگی	اهمیت
۱	**فوریت ندارد**	وظیفه‌ی ساده	اهمیت ندارد
۲	**نسبتاً فوری**	نسبتاً پیچیده	نسبتاً مهم
۳	**کاملاً فوری**	کاملاً پیچیده	کاملاً مهم
۴	**خیلی فوری**	خیلی پیچیده	خیلی مهم
۵	**بی‌نهایت فوری**	بی‌نهایت پیچیده	بی‌نهایت مهم

مرحله‌ی ۲ (محاسبه‌ی احتمال خطای انسانی)

درجه‌ی مهارت فردی موردنیاز و تکرار وظیفه برای هر یک از وظایف با استفاده از جدول ۲ و از طریق مصاحبه با اپراتورها و سرپرستان انتخاب گردید، سپس با استفاده از ابزار دیسکی شکل، احتمال خطای انسانی برحسب درصد برای هر وظیفه مشخص گردید.

جدول ۲. تعیین درجه‌ی مهارت فردی و تکرار وظیفه درروش HEC

ردیف	مهارت فردی	تکرار وظیفه
۱	**برای وظیفه مهارت ندارد**	یک‌بار یا دو بار در طول زندگی
۲		چند بار در طول زندگی
۳	**برای وظیفه نسبتاً مهارت دارد**	چند بار در یک فصل
۴		یک بار یا دو بار در یک ماه
۵	**برای وظیفه کاملاً مهارت دارد**	چند بار در یک ماه
۶		یک بار یا دو بار در یک هفته
۷	**برای وظیفه خیلی مهارت دارد**	چند بار در یک هفته
۸		یک بار یا دو بار در یک روز
۹	**برای وظیفه بی‌نهایت مهارت دارد**	چند بار در یک روز

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8199]

مرحله‌ی ۳ (تفسیر عدد ریسک)

در این مرحله، عددی را که از مرحله‌ی ۲ به دست آمد با استفاده از جدول ۳ تفسیر شد.

جدول ۳. تفسیر شانس خطای انسانی در روش HEC

ردیف	سطح	تفسیر
۱	**تا ۱۰٪**	احتمال خطای انسانی پایین است و اقدامات احتیاطی معمول باید انجام شود.
۲	**تا ۲۵٪**	احتمال خطای انسانی در حال افزایش است و برخی اقدامات احتیاطی باید انجام شود.
۳	**تا ۵۰٪**	احتمال خطای انسانی متوسط است و اقدامات احتیاطی بیشتری باید انجام شود.
۴	**تا ۷۵٪**	احتمال خطای انسانی زیاد است و اقدامات احتیاطی زیادی باید انجام شود.
۵	**تا ۹۰٪**	احتمال خطای انسانی خیلی زیاد است و اقدامات احتیاطی بسیار زیادی باید انجام شود.
۶	**بیش از ۹۰٪**	احتمال خطای انسانی بی‌نهایت است و شغل باید تغییر یابد یا متوقف شود.

ملاحظات اخلاقی

کد اخلاق این مطالعه IR.AJUMS.REC.1399.768 می‌باشد.

نتایج

پس از مشاهده فرایند کار، بررسی حوادث اتفاق افتاده، واکاوی فعالیت‌های اجرایی، مصاحبه و مشاوره با سرپرستان واحد، مسئولان و اپراتورها درمجموع ۱۱ وظیفه حساس و بحرانی برای شغل اپراتورهای اتاق کنترل اپوکسی شناسایی و ارزیابی گردید. در ادامه، در روش HEC، پنج فاکتور فوریت، اهمیت، پیچیدگی و مهارت فردی و تکرار به‌صورت جداگانه برای هریک از وظایف شغلی محاسبه شد.(جدول۴)

جدول۴. تعیین فاکتور فوریت، اهمیت، پیچیدگی و مهارت فردی و تکرار برای وظیفه

ردیف	وظایف	فوریت	پیچیدگی	اهمیت	مهارت فردی	تکرار وظیفه
۱	**روشن کردن درایر کمپرسور و سیستم خنک‌کنندگی**	۵	۳	۷	۷	۸
۲	**روشن کردن سوییچ Sieve و Fresh Powder**	۳	۳	۵	۷	۸
۳	**تنظیم فاصله گانها از یکدیگر و از سطح لوله**	۴	۵	۷	۷	۵
۴	**تنظیم پارامترهای پاشش جهت پوشش یکدست و ضخامت مناسب**	۱	۳	۵	۷	۵
۵	**کنترل و نظارت بر صحت عملکرد "ولتاژ بالا" و نشان‌دهنده‌ی فشار هوا در مخزن‌های Fresh Powder و Cyclon**	۵	۳	۵	۷	۹
۶	**کنترل و نظارت روزانه بر هوای داخل فن‌ها و فشار گاز CO_2**	۴	۳	۵	۷	۹
۷	**برطرف کردن نقص‌های گزارش‌شده از اتاق LV1**	۴	۱	۵	۷	۹
۸	**تمیزکاری روزانه و در حین توقف فیلترهای کابین، گانهای اپوکسی، شلنگ‌های مواد، سنسورهای کابین و داخل کابین و تجهیزات مربوط به Cyclon**	۳	۱	۵	۷	۸
۹	**بررسی مشکلات ظاهری لوله‌ها**	۵	۳	۳	۷	۸
۱۰	**بازدید ساعتی از دماسنجِ انبار مواد خام اپوکسی**	۳	۱	۷	۷	۹
۱۱	**تعویض ونتوری‌ها، گانهای اپوکسی، انژکتورها، شلنگ‌های مواد خام و ... در صورت لزوم**	۳	۱	۷	۷	۹

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8199]

با تجزیه‌وتحلیل وظایف شناسایی‌شده، فراوانی هر یک از ۵ فاکتور مؤثر بر رخداد خطای انسانی به‌صورت جداگانه برای هر وظیفه، ارزیابی گردید.(جدول ۵)

جدول۵. تعیین فراوانی هریک از فاکتورهای مؤثر بر رخداد خطای انسانی

کد فاکتور	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
فوریت	۱	۰	۴	۳	۳	۰	۰	۰	۰
پیچیدگی	۴	۰	۶	۰	۱	۰	۰	۰	۰
اهمیت	۰	۰	۱	۰	۶	۰	۴	۰	۰
مهارت فردی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱	۰	۰
تکرار وظیفه	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۴	۵

همان‌طور که مشاهده می‌شود، مهم‌ترین فاکتورهای ایجادکننده خطای انسانی که می‌توانند منجر به حادثه شوند به ترتیب فاکتورهای تکرار وظیفه، مهارت فردی و اهمیت می‌باشند و درنهایت در روش HEC با استفاده از یک ابزار دیسکی شکل، احتمال خطای انسانی برحسب درصد برای هر وظیفه مشخص گردید.(جدول ۶)

جدول۶. رتبه‌بندی وظایف شغلی بر اساس عدد ریسک

رتبه	وظایف	عدد ریسک
۱	**روشن کردن درایر کمپرسور و سیستم خنک‌کنندگی**	٪۷۰
۲	**کنترل و نظارت بر صحت عملکرد "ولتاژ بالا" و نشان‌دهنده‌ی فشار هوا در مخزن‌های Fresh Powder و Cyclon**	٪۷۰
۳	**کنترل و نظارت روزانه بر هوای داخل فن‌ها و فشار گاز CO_2**	٪۷۰
۴	**بازدید ساعتی از دماسنجِ انبار مواد خام اپوکسی**	٪۷۰
۵	**تعویض ونتوری‌ها، گانهای اپوکسی، انژکتورها، شلنگ‌های مواد خام و ... در صورت لزوم**	٪۷۰
۶	**برطرف کردن نقص‌های گزارش‌شده از اتاق LV1**	٪۵۰
۷	**تمیزکاری روزانه و در حین توقف فیلترهای کابین، گانهای اپوکسی، شلنگ‌های مواد، سنسورهای کابین و داخل کابین و تجهیزات مربوط به Cyclon**	٪۵۰
۸	**روشن کردن سوییچ Sieve و Fresh Powder**	٪۵۰
۹	**بررسی مشکلات ظاهری لوله‌ها**	٪۴۰
۱۰	**تنظیم فاصله گانها از یکدیگر و از سطح لوله**	٪۲۰
۱۱	**تنظیم پارامترهای پاشش، جهت پوشش یکدست و ضخامت مناسب**	

بر اساس ارزیابی‌های انجام‌شده، احتمال خطای انسانی ۵ وظیفه شغلی ۷۰ درصد محاسبه شد که احتمال خطای انسانی زیاد است و اقدامات احتیاطی زیادی باید انجام شود تا سطح خطا کمتر گردد و احتمال خطای انسانی ۴ وظیفه شغلی ۵۰ درصد، و یک وظیفه ۴۰ درصد به دست آمد که احتمال خطای انسانی متوسط است و اقدامات احتیاطی بیشتری باید انجام شود و در پایان یک وظیفه دارای احتمال ۲۰ درصد است که احتمال خطای انسانی در حال افزایش است و برخی اقدامات احتیاطی باید انجام شود.

نتایج حاصل از تحلیل شغل اپراتورهای اتاق کنترل اپوکسی با استفاده از روش ماشین‌حساب خطای انسانی نشان داد که بیشترین احتمال خطای محاسبه‌شده با عدد ریسک ۷۰ درصد مربوط به وظایف:" روشن کردن درایر کمپرسور و سیستم خنک‌کنندگی"، "کنترل و نظارت بر صحت عملکرد ولتاژ بالا و نشان‌دهنده‌ی فشار هوا در مخزن‌های Fresh Powder و Cyclon "، " کنترل و نظارت روزانه بر هوای داخل فن‌ها و فشار گاز CO_2"، "بازدید ساعتی از دماسنجِ انبار مواد خام اپوکسی" و "تعویض ونتوری‌ها، گانهای اپوکسی، انژکتورها، شلنگ‌های مواد خام و ... در صورت لزوم" و کمترین احتمال خطای محاسبه‌شده ۲۰ درصد بود که مربوط به وظیفه شغلی" تنظیم پارامترهای پاشش، جهت پوشش یکدست و ضخامت مناسب" می‌باشد.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8199]

بحث

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، شمار مطالعات انجام‌شده در حیطه خطای انسانی از سال ۱۳۸۸ رو به رشد است و تحقیقات خطای انسانی بخشی حیاتی از تحقیقات سیستم مدیریت ایمنی را تشکیل می‌دهد(۱۰). خطای انسانی به دلیل منتهی شدن به نتایج ناگوار از اهمیت زیادی برخوردار است به همین دلیل جهت پیشگیری و محدود ساختن پیامدهای ناشی از خطای انسانی، پیش‌بینی، شناسایی و علت‌یابی آن‌ها لازم است. با بررسی‌های انجام‌شده مطالعه‌ای که در آن خطاهای انسانی به روش HEC انجام‌شده باشد، مشاهده نگردید. بنابراین مطالعه حاضر را می‌توان جزء اولین گام‌های علمی و عملی جهت اجرای خطاهای انسانی به روش HEC در اتاق کنترل به‌حساب آورد. اتاق کنترل اپوکسی شرکت موردمطالعه، لوله‌های فولادی از سایز ۲۰ تا ۶۰ اینچ را با اپوکسی مایع پوشش می‌دهد. فرایند اپوکسی کردن لوله‌های فولادی سبب ایجاد مقاومت در برابر ضربه، نفوذ آب و رطوبت، دمای بالا، مقاومت شیمیایی (در برابر اسید و بازها) و مقاومت کافی در برابر آسیب‌های احتمالی حین حمل و انتقال می‌شود. ازاین‌رو، اپراتورهای اتاق کنترل اپوکسی، جزء حساس‌ترین مشاغل در صنایع فلزی محسوب می‌شوند که بروز خطاهای انسانی در این فعالیت می‌تواند منجر به بروز حوادث عظیم در آن شود.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مشخص گردید که از ۱۱ وظیفه شناسایی‌شده، ۵ وظیفه شغلی با عدد ریسک ۷۰ درصد دارای احتمال خطای انسانی زیاد، ۴ وظیفه شغلی با عدد ریسک ۵۰ درصد و یک وظیفه شغلی با عدد ریسک ۴۰ درصد دارای احتمال خطای انسانی متوسط است. و یک وظیفه شغلی با عدد ریسک ۲۰ درصد دارای احتمال خطای انسانی در حال افزایش است.

بیشترین عدد ریسک(۷۰ درصد) برای وظایف "روشن کردن درایر کمپرسور و سیستم خنک‌کنندگی"، "کنترل و نظارت بر صحت عملکرد ولتاژ بالا و نشان‌دهنده‌ی فشار هوا در مخزن‌های Fresh Powder و Cyclon"، "کنترل و نظارت روزانه بر هوای داخل فن‌ها و فشار گاز CO_2"، "بازدید ساعتی از دماسنجِ انبار مواد خام اپوکسی" و "تعویض ونتوری‌ها، گانهای اپوکسی، انژکتورها، شلنگ‌های مواد خام و ... در صورت لزوم" محاسبه گردید. شرح وظایف اپراتورها در این قسمت به ترتیب زیر است، کمپرسور تأمین‌کننده‌ی هوای لازم برای خنک کاری و خشک نگه‌داشتن پودر اپوکسی است، این تجهیزات بسیار حساس‌اند و هرگونه رطوبتی آن‌ها را خراب می‌کند. برقراری میزان ولتاژ متناسب با باردار کردن ذرات اپوکسی و همچنین چک کردن آن جهت اطمینان از برقرار بودن آن است، این ولتاژ به جهت ایجاد نیروی الکترواستاتیک برای چسبیدن ذرات به لوله است. مخزن سایکلون، به دلیل اینکه گاز اپوکسی قابل اشتعال است و در مواجهه با ولتاژ بالا قرار دارد احتمال آتش‌سوزی برای آن وجود دارد، درون این مخزن‌ها گاز CO_2 قرار دارد، این مخزن‌ها توسط وزنه‌های تعادلی سنجش می‌شوند و همیشه باید پر باشند.کانال‌هایی که پودر اپوکسی در درون آن‌ها جریان دارد، یکی برای رسیدن به گان‌هاست، کانال دیگر برای بازگشت اپوکسی اضافی ست که برای بازیافت می‌رود. آلارم‌ها باید دائماً چک شوند زیرا قطع شدن یکی از این مسیرها مشکل ایجاد می‌کند. در انبار مواد خام میزان درجه محیط باید روی ۲۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم باشد. دماسنج انبار باید دائماً چک شود و درصورتی‌که دما افزایش یابد، باید فوراً به واحد برق اطلاع داده شود. اگر دما از ۳۵-۳۰ درجه بالاتر رود و چند ساعت در این دما بماند مواد فاسد می‌شود و این مواد فوق‌العاده گران‌قیمت هستند.

مطابق با نتایج به‌دست‌آمده مشاهده گردید که ۳ فاکتور تکرار وظیفه، مهارت فردی و اهمیت، مهم‌ترین عوامل ایجادکننده خطای انسانی محسوب می‌شوند. به‌عبارتی‌دیگر تکراری بودن وظایف، نداشتن مهارت کافی و مهم تلقی نکردن وظایف از فاکتورهای ایجادکننده خطا هستند. خطاهای مبتنی بر اهمیت، مهارت و تکرار وظیفه، وابسته به عواملی نظیر خستگی (کار در شیفت شب، وظایف تکراری، اتخاذ روش‌های نامناسب جهت تسهیل در کار)، انتخاب افراد نامناسب جهت به‌کارگیری شغل، عدم آشنایی افراد با خطراتی که ممکن است درنتیجه خطاها ایجاد گردد، عدم رضایت شغلی و وجود استرس شغلی می‌باشند که سبب کاهش اهمیت، مهارت و یکنواختی می‌شوند. از دیگر دلایل بیشترین فراوانی در این زمینه می‌توان به وجود تصمیمات غلط اپراتور بر مبنای اطلاعات درک شده اشتباه ناشی از عدم کسب مهارت، تجربه یا

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8199]

دانش کافی (نبود آموزش یا پایین بودن اثربخشی آموزش) و نادیده گرفته شدن برخی از تخلفات اپراتورها توسط سازمان باشد که آن‌ها را به‌عنوان عادات رفتاری پذیرفته است. این یافته‌ها مطابق با ماهیت و مشخصه‌های صنعت موردمطالعه است. در همین راستا مطالعات زیادی که به بررسی خطای انسانی پرداختند نشان داد که خطاهای بر پایه مهارت بیش‌ترین تأثیر را در ایجاد خطا دارند. پژوهش Lenné و همکاران در سال ۲۰۱۱ به‌منظور درک بهتر از عوامل سیستماتیک دخیل در حوادث معدن انجام‌شده است و نقص نظارتی و سازمانی و عملکرد غیراستاندارد اپراتور را پیش‌بینی می‌کند. بدین منظور ۲۶۳ حادثه که بیشتر در قسمت عملیات رخ‌داده بود در سال ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ در معدن استرالیا با استفاده از چارچوب HFACS تجزیه‌وتحلیل کردند و دریافتند که در سطح ۱ خطای مهارتی با ۶۳/۹ درصد ارزیابی گردید(۱۱). در تحقیقی دیگر که در سال ۲۰۱۱ توسط Ting و Dai انجام شد، در این پژوهش ۵۴۵ حادثه را در بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۸ با استفاده از چارچوب HFACS بررسی شد و نشان داد که در سطح ۱ خطاهای مبتنی بر مهارت با ۴۵ درصد بیش‌ترین تعداد را داشته است(۱۲). Celik و Cebi در سال ۲۰۰۹ حوادث دریایی را با استفاده از روش HFACS مبتنی بر تئوری FAHP تجزیه‌وتحلیل کردند و دریافتند که در سطح اول زیرگروه خطای بر پایه مهارت با وزن ۰/۶۰ بیشترین تأثیر را در بروز حوادث داشتند(۱۳). Shappell و Wiegmann در سال ۲۰۰۴ حوادث صنایع هوایی غیرنظامی ایالات‌متحده بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۶ با استفاده از چارچوب HFACS تجزیه‌وتحلیل کردند و دریافتند که در سطوح چهارگانه HFACS زیرگروه خطاهای مهارتی ۶۰/۵ درصد از حوادث را شامل می‌شوند(۱۴).

برای افزایش اعتبار نتایج می‌توان به نتایج مطالعه افشاری و همکاران اشاره نمود که خطاهای بر پایه مهارت با وزن ۰/۲۶۹بیش‌ترین تأثیر را دارند(۱۵). نتایج مطالعه شیرالی و همکاران در سال ۲۰۱۳ نیز نشان داد خطاهای مبتنی بر مهارت ۵۱/۹ درصد در سطح ۱ قرار دارند(۱۶). حیادخت و همکاران در تجزیه‌وتحلیل مخاطرات انسانی محیط کار در حوزه بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست به روش‌های تلفیقی SHERPA & EFMEA دریافتند مهارت و توانایی فرد در کاهش خطای انسانی ۲۶/۴۱٪ اثرگذار بوده است(۱۷). در مطالعه محمدفام و همکاران در سال ۹۷ مشخص گردید مهم‌ترین عامل مؤثر در ایجاد خطای انسانی در اتاق کنترل صنعت پتروشیمی زمان در دسترس برای انجام کار است. یکی از علل اصلی تفاوت نتایج مطالعه با مطالعه حاضر را می‌توان وجود تفاوت‌های ذاتی در وظایف شغلی اپراتورهای اتاق‌های کنترل صنایع مختلف دانست، زیرا تفاوت در صنایع و وظایف، یکی از دلایل تفاوت در بروز خطاهای انسانی می‌باشد(۱۸).

نتیجه‌گیری

روش HEC کاربری آسانی داشته و یک ابزار ساده و مفید برای متخصصان به‌منظور محاسبه احتمال بروز خطای انسانی می‌باشد. علاوه براین، HEC یک روش کاربردی، مؤثر و سودمند برای مدیران به‌منظور کاهش خطای انسانی است. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، با توجه به پیامدهای بحرانی بروز خطاهای انسانی در فعالیت‌های کاری اپراتورها، برخی از اقدامات پیشگیرانه برای کاهش احتمال بروز خطای انسانی در فرایند کاری اپراتورهای اتاق کنترل موردمطالعه پیشنهاد می‌شود که عبارت هستند از:

۱. استخدام و به‌کارگیری نیروی انسانی ماهر و باتجربه در جایگاه مناسب شغلی

۲. تنظیم برنامه‌ی کار و استراحت کارکنان

۳. کاهش اضافه‌کاری‌ها و منظم نمودن شیفت‌های کاری جهت افزایش قابلیت اطمینان عملکرد اپراتورها

۴. ارائه‌ی آموزش‌های مداوم متناسب با نیازهای شغلی کارکنان

۵. برگزاری دوره‌های مهارت‌های علمی و عملی بازآموزی جهت یادآوری مطالب فراگرفته شده و افزایش آموزش‌های دوره‌ای برای اپراتورهای باتجربه‌تر

۶. آشنایی افراد با خطراتی که ممکن است درنتیجه خطاها ایجاد گردد به‌منظور کاهش احتمال بروز خطا در اپراتورها ضروری به نظر می‌رسد.

۷. آماده‌سازی دستورالعمل‌ها و رویه‌های اختصاصی‌تر و روشن‌تر برای وظایفی که توسط اپراتورهای اتاق کنترل انجام می‌شوند، بهبود و به‌روز نمودن دستورالعمل‌های موجود و تدوین دستورالعمل‌های جدید و مناسب، آموزش استفاده صحیح از دستورالعمل‌ها به اپراتورها

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8199]

۸. انجام معاینات دوره‌ای تخصصی جهت بررسی سلامت کارکنان و تناسب فرد با شغل

۹. بهبود سیستم‌های مدیریتی و نظارتی

۱۰.تقسیم و طبقه‌بندی بیشتر زیر وظایف پیچیده به زیر وظایف ساده‌تر به‌منظور کاهش پیچیدگی آن‌ها

۱۱.مهیا نمودن شرایط محیطی با استرس ذهنی و فیزیکی کمتر که می‌تواند استرس کلی را در اپراتورها کاهش دهد

۱۲.اتوماسیون سازی فرایندها برای کاهش میزان درگیرشدن اپراتورها با این فرایندها در عملیات اپوکسی کردن لوله‌ها

پیشنهادات

با توجه به اینکه پژوهش‌های بسیار اندکی با استفاده از تکنیک HEC انجام‌گرفته است پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری در این زمینه صورت گیرد و به‌عنوان روش‌های ارزیابی خطاهای انسانی جهت شناسایی و کاهش خطای انسانی در آینده استفاده گردد.

سپاس‌گزاری

نویسندگان مایل هستند مراتب قدردانی خود از مشارکت‌کنندگان محترمی که رفتارهایشان مورد مشاهده قرار گرفت، ابراز کنند.

References:

1. Fedosov AV, Khamitova AN, Abdrakhmanova KN, Kh AN. ***Assessment of the human factor influence on the accident initiation in the oil and gas industry.*** Территория нефтегаз. 2018;(1-2):62-70.
2. Kletz TA. ***An engineer's view of human error***. In Contemporary Ergonomics 2006 2020 Jul 24 (pp. 3-10). Taylor & Francis.
3. Nees MA, Sharma N, Shore A. ***Attributions of accidents to "human error" in news stories: Effects on perceived culpability, perceived preventability, and perceived need for punishment.*** Accident Analysis & Prevention. 2020;148:105792.
4. Petrillo A, Falcone D, De Felice F, Zomparelli F. ***Development of a risk analysis model to evaluate human error in industrial plants and in critical infrastructures.*** International journal of disaster risk reduction. 2017;23:15-24.
5. Shirali GA, Hosseinzadeh T, Kalhori SR. ***Modifying a method for human reliability assessment based on CREAM-BN: A case study in control room of a petrochemical plant.*** MethodsX. 2019;6:300-15.
6. Alkhaldi M, Pathirage C, Kulatunga U. ***The role of human error in accidents within oil and gas industry in Bahrain.*** In13th International Postgraduate Research Conference (IPGRC): conference proceedings 2017 Sep 15 (pp. 822-834). University of Salford.
7. Nadeau S, Badri A, Wells R, Neumann P, Kenny G, Morrison D. ***Sustainable canadian mining: occupational health and safety challenges.*** In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. 2013;57(1): 1071-1074.
8. Safemap, RiskDisk, Human Error Calculator, www.safemap.com, V2.0.
9. Pouya AB, Hazrati S, Vosoughi M, Mosavianasl Z, Habibi E. ***Evaluation human error in control room.*** Pakistan Journal of Medical and Health Sciences. 2017; 11(4):1596-600.
10. Zare A, Yazdani Rad S, Dehghani F, Omidi F, Mohammadfam I. ***Assessment and analysis of studies related human error in Iran: A systematic review.*** Journal of Health and Safety at work. 2017;7(3): 268-278.
11. Lenné MG, Salmon PM, Liu CC, Trotter M. ***A systems approach to accident causation in mining: an application of the HFACS method.*** Accident analysis & prevention. 2012;48:111-7.
12. Ting FA, Dai SB. ***The identification of human errors leading to accidents for improving aviation safety.*** In2011 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) 2011 Oct 5 (pp. 38-43). IEEE.
13. Celik M, Cebi S. ***Analytical HFACS for investigating human errors in shipping accidents.*** Accident Analysis & Prevention. 2009;41(1):66-75.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8199]

14. Shappell SA, Wiegmann DA. ***HFACS analysis of military and civilian aviation accidents: A North American comparison.*** In Proceedings of the Annual Meeting of the International Society of Air Safety Investigators 2004 Nov 2 (pp. 2-8). Australia: Gold Coast.
15. Afshari D, Jafarzadeh Z, Mosavianasl Z, Jahani F. ***Identification and evaluation of human errors esing human factor analysis and classification system based on fuzzy hierarchy theory: a case study in the cement industry.*** Occupational Medicine Quarterly journal. 2019;11(1):42-58.
16. Shirali GA, Karami E, Goodarzi Z. ***Human errors identification using the human factors analysis and classification system technique (HFACS).*** Health and Safety at Work. 2013;3(3):45-54.
17. Hayadokht S, Jozi SA, Mirzaebrahim Tehrani M. ***Human Health Risk Analysis in the Health, Safety, and Environment Using EFMEA & SHERPA Integrated Methods (Case Study: Car Seat Production Company)***. Environment and Interdisciplinary Development. 2018; 3(61): 49-60.
18. Karimie S, Mohammadfam I, MIRZAEI AM. ***Human Errors Assessment in the one of the control rooms of a petrochemical industrial company using the extended CREAM method and BN.*** Journal of Health and Safety at work. 2019;9(2): 105-112.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8199]

Identification and evaluation of human errors of Epoxy control room operators of a pipe Mill company using HEC technique

Shirali GH[1], Jafari B[2*], Raoufian F[3]

[1] Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
[2] MSc of Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
[3] BSc of Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

Abstract

Introduction: In many workplaces today, the incidence of human error can lead to catastrophic accidents in which human error is the main cause of accidents. Due to the vital role of the control room in guiding and controlling various sites of the pipe industry, especially the outer coating sector, the incidence of any error can lead to human accidents, damage to machinery, and interruption in production. This study aimed to identify and evaluate human error by Human Error Calculator (HEC) method in the epoxy control room of a pipe mill company.

Materials and Methods: In the present descriptive cross-sectional study, the HEC method was used to identify and evaluate human errors. The HEC technique is provided by Risk Map Company, in which the probability of human error is based on five factors affecting the occurrence of human error, including a degree of urgency, complexity, importance, degree of individual skill, and task repetition, using a disk-shaped tool called Risk Disk is determined through direct observation, available instructions and interview with the head of the mentioned unit.

Results: According to the results of this study, out of 11 identified tasks, five job tasks with a risk number of 70% have a high probability of human error, four job tasks with a risk number of 50%, and one job task with a number There is a 40% risk of moderate human error, And a job task with a 20% risk number has an increased chance of human error.

Conclusion: The results of the present study showed that the HEC method is easy to use and is a simple and useful tool for professionals to calculate the probability of human error. In addition, HEC is a practical, effective and beneficial method for managers to reduce human error.

Keywords: Human error, Control room, Epoxy, Pipe mill, HEC

This paper should be cited as:
Shirali GH, Jafari B, Raoufian F.***Identification and evaluation of human errors of Epoxy control room operators of a pipe Mill company using HEC technique***. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2021:13(3): 57-66.

****Corresponding Author***
Email: behnoosh.jafari@yahoo.com
Tel: 09210827527
Received: 08.05.2021 ***Accepted: 24.09.2021***

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.18502/tkj.v13i3.8199]