DOI: 10.48305/jhsr.v18i2.1460 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 18, No. 2, Summer

Received: 03.08.2020 Accepted: 14.05.2022 Published: 06.07.2022

Assessment of Human Errors in Control Room Operators of a Cement Manufacturing Company Using Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach

Abdolnaser Adibhesami[1], Abolfazl Ghahramani[2], Iraj Mohebbi[3]

Original Article

Abstract

Background: Despite the advancement of control mechanisms and automation in industrial processes, there is still the chance of human error and accidents. As a result, this study was conducted in the control room of a cement company to identify human errors and propose control methods to reduce them using the Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA).

Methods: The data for this cross-sectional descriptive study were gathered through task observation, reviewing technical documentation, and interviews. For the selected tasks, a hierarchical task analysis (HTA) was done, and the human errors of each critical task were assessed using SHERPA. Finally, control methods for reducing the risk of identified errors were proposed.

Findings: In this study, 9 main tasks and 103 sub-tasks were assigned for the control room operators. The results of the SHERPA showed that out of 204 identified human errors, 45.1% were functional, 35.3% retrieval, 11.3% communication, 44% checking, and 9.3% were selection errors. C2 (55 cases), C3 (32 cases), and 2D (30 cases) had the highest risk levels, whereas 1E (1 case), 1B (2 cases), and 4C (3 cases) had the lowest.

Conclusion: The most common errors were those relating to performance and retrieval. Operator training, monitoring systems, smart control system utilization, effective instructions, and suitable control measures can help to significantly reduce the number of human errors that result in accidents.

Keywords: Errors; Task; Risk reduction; Training; Cement

Citation: Adibhesami A, Ghahramani A, Mohebbi I. **Assessment of Human Errors in Control Room Operators of a Cement Manufacturing Company Using Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach.** J Health Syst Res 2022; 18(2): 161-9.

1- Department of Occupational Health and Safety at Work Engineering, School of Public Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
2- Associate Professor, Department of Occupational Health and Safety at Work Engineering, School of Public Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
3- Professor, Social Determinants of Health Research Center, Occupational Medicine Center, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
Corresponding Author: Abolfazl Ghahramani; Associate Professor, Department of Occupational Health and Safety at Work Engineering, School of Public Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran; Email: ghahramani@umsu.ac.ir

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

DOI: 10.48305/jhsr.v18i2.1460 Published by Vesnu Publications

ارزیابی خطاهای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل یک شرکت تولید سیمان با استفاده از روش رویکرد سیستماتیک پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی (SHERPA)

عبدالناصر ادیب حسامی[1]، ابوالفضل قهرمانی[2]، ایرج محبی[3]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: با وجود پیشرفت روزافزون روش‌های کنترلی و اتوماسیون در فرایندهای صنعتی، احتمال خطای انسانی و وقوع حوادث در فرایندهای مذکور وجود دارد. بنابراین، پژوهش حاضر به منظور شناسایی خطای انسانی و ارایه راهکارهای کنترلی جهت کاهش آن‌ها با استفاده از رویکرد سیستماتیک پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی (SHERPA یا Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach) در اتاق کنترل یک شرکت تولید سیمان انجام گرفت.

روش‌ها: در این مطالعه توصیفی که به صورت مقطعی انجام شد، داده‌های لازم از طریق مشاهده وظایف، بررسی اسناد و مدارک فنی و مصاحبه جمع‌آوری گردید. تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی وظایف (Hierarchical task analysis یا HTA) برای وظایف شناسایی شده انجام و خطاهای انسانی هر یک از وظایف بحرانی با SHERPA بررسی شد. در پایان، راهکارهای کنترلی به منظور کاهش خطر خطاهای شناسایی شده ارایه گردید.

یافته‌ها: در تحقیق حاضر، ۹ وظیفه اصلی و ۱۰۳ زیروظیفه برای اپراتورهای اتاق کنترل شناسایی شد. نتایج SHERPA نشان داد که از ۲۰۴ خطای انسانی شناسایی شده، ۴۵/۱ درصد عملکردی، ۳۵/۳ درصد بازیابی، ۱۱/۳ درصد ارتباطی، ۴۴ درصد بازدید و ۳/۹ درصد انتخابی بود. بیشتر سطح خطرات برآورده شده به ترتیب از نوع ۲C (۵۵ مورد)، ۳C (۳۲ مورد)، ۲D (۳۰ مورد) و کمترین آن‌ها به ترتیب از نوع ۱E (۱ مورد)، ۱B (۲ مورد) و ۴C (۳ مورد) گزارش گردید.

نتیجه‌گیری: بیشترین خطای شناسایی شده مربوط به خطاهای عملکردی و بازیابی بود. آموزش اثربخش اپراتورها، وجود سیستم‌های نظارتی، استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترلی، دستورالعمل‌های مؤثر و اقدامات کنترلی مناسب، می‌تواند بروز خطاهای انسانی منجر به حوادث ناگوار را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: خطاها؛ وظیفه؛ کاهش خطر؛ آموزش؛ سیمان

ارجاع: ادیب حسامی عبدالناصر، قهرمانی ابوالفضل، محبی ایرج. **ارزیابی خطاهای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل یک شرکت تولید سیمان با استفاده از روش رویکرد سیستماتیک پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی (SHERPA).** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۱؛ ۱۸ (۲): ۱۶۹-۱۶۱

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۵/۱۳ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۲/۲۴ تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۴/۱۵

مقدمه

حوادث صنعتی یکی ازمشکلات عمده جوامع امروزی به شمار می‌رود. بر اساس برآورد سازمان بین‌المللی کار، سالانه ۳۲۱ هزار نفر در اثر وقوع حوادث شغلی جان خود را از دست می‌دهند و ۳۱۰ میلیون حادثه با آسیب‌های مختلف غیر کشنده در دنیا اتفاق می‌افتد (۲، ۱). حوادث شغلی به دلیل اعمال ناایمن نیروی کار یا شرایط ناایمن موجود در محیط کار اتفاق می‌افتد و اعمال ناایمن در مقایسه با شرایط ناایمن، نقش بیشتری در بروز حوادث دارند. بیشتر حوادث شغلی ناشی از رفتارهای ناایمن مدیران، مهندسان، سرپرستان و کارگران روی می‌دهد و خطاهای انسانی اصلی‌ترین عوامل رخداد حوادث می‌باشند (۵-۳). بنابراین، با در نظرگرفتن نقش اعمال ناایمن در بروز حوادث شغلی، کنترل اعمال ناایمن به ویژه خطاهای انسانی در محیط‌های کاری ضروری به نظرمی‌رسد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش بار روانی- فکری و پیچیدگی کار، احتمال وقوع خطا افزایش می‌یابد و همچنین، با افزایش بار مسؤولیت، پیامدهای حاصل از خطای انسانی گرانبارتر می‌شود (۷، ۶). پیچیدگی وظایف محول شده به فرد، یکی از شاخص‌های بسیار مهم و تأثیرگذار در عملکرد افراد می‌باشد. بار کاری ذهنی، مقدار درگیری ذهنی برای تحقق مطالبات وظیفه و میزان کاهش منابع داخلی انسان برای انجام کار محول شده به فرد است (۹، ۸). میزان زیاد بار کاری ذهنی، می‌تواند باعث بروز خطا یا تأخیر در انجام وظایف شود؛ به ویژه زمانی که مقدار اطلاعات از میزان ظرفیت پردازش اطلاعات فرد فراتر رود (۱۰). بهینه‌سازی میزان بار کاری ذهنی، می‌تواند باعث کاهش خطای انسانی اپراتورها شود و ایمنی سیستم‌ها را بهبود بخشد (۱۱). همچنین، درک درست از وظایف، عامل تأثیرگذاری در کاهش خطای انسانی می‌باشد و رابطه بین نگرش و درک افراد از وظایف با میزان خطا را نشان می‌دهد (۱۲). این در حالی است که با بررسی خطاهای انسانی

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
۳- استاد، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، مرکز طب کار، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
نویسنده مسؤول: ابوالفضل قهرمانی؛ دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
Email: ghahramani.a@gmail.com

و با تلاش برای کاهش پیچیدگی وظایف و بار ذهنی فرد، برنامه‌ریزی مناسب و اقدام جهت کاهش آن‌ها، می‌توان به طور قابل ملاحظه‌ای از میزان این خطاها کاست و از وقوع حوادث ناشی از خطاهای انسانی پیشگیری نمود.

روش‌های متعددی جهت شناسایی خطاهای انسانی معرفی شده‌اند که می‌توان به روش‌های رویکرد سیستماتیک پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی (Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach یا SHERPA)، واکاوی خطای قابلیت اطمینان شناختی (Cognitive Reliability Error Analysis Method یا CREAM) برای شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی و روش ارزیابی و کاهش خطای انسانی (Human Error Assessment and Reduction Technique یا HEART) اشاره نمود. هر کدام از روش‌های موجود دارای نقاط ضعف و قوت متفاوتی هستند و انتخاب تکنیک مناسب، گامی اساسی در مطالعات ارزیابی خطرات حاصل از خطاهای انسانی می‌باشد (۱۳). تکنیک SHERPA یکی از متداول‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌های شناسایی خطاهای روان‌شناختی می‌باشد که بر درک درستی از عوامل مؤثر بر عملکرد تکیه می‌کند و با استفاده از آن، می‌توان به طور جامع خطاهای انسانی را از لحاظ نوع خطا، پیامدهای احتمالی و راهکارهای کنترل و پیشگیری موجود در زیروظیفه‌های تشکیل دهنده هر شغل مورد بررسی قرار داد. این روش از جمله قابل اطمینان‌ترین تکنیک‌های در دسترس جهت شناسایی خطاهای انسانی به شمار می‌رود و قابلیت شناسایی خطاهای پنهان سیستم را دارد و پس از شناسایی خطاها، روش‌های کنترلی برای کاهش آن‌ها ارایه می‌دهد (۱۵، ۱۴). روش SHERPA در سال ۱۹۸۶ توسط Embrey ابداع و در سال ۱۹۹۴ توسط خود وی توسعه پیدا کرد (۱۶). این روش توسط محققان زیادی در زمینه شناسایی خطاهای انسانی در محیط‌های کاری متعددی همچون حمل و نقل مواد خطرناک و اکتشاف نفت و گاز مورد استفاده قرار گرفته است (۱۴) و در ارایه راهکارهای کنترلی عملی متناسب با نوع خطای شناسایی شده دقیق عمل می‌کند (۱۷).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که پژوهش‌های متعددی در زمینه ارزیابی خطر سیستم‌ها و شناسایی خطاهای انسانی در کشور ما انجام شده و بیشتر مطالعات انجام شده در صنایع شیمیایی، فرایندی و معدنی بوده است که از آن جمله می‌توان به تحقیقات عدل و همکاران در ارزیابی خطرات بخش شیرین‌سازی واحد تصفیه گاز در یک شرکت پالایش گاز (۱۸)، قهرمانی و همکاران در شناسایی خطرات و نقص‌های تجهیزات مهم فرایند جداسازی S_2H و CO_2 از گاز طبیعی (۱۹)، میرزایی علی‌آبادی و همکاران در شناسایی و ارزیابی خطر خطای انسانی در عملیات آتش‌باری یک معدن سنگ آهن (۲۰)، مهدوی و همکاران در شناسایی و ارزیابی خطای انسانی در واحد بازیافت گوگرد و آب ترش یک پالایشگاه نفت (۲۱)، قاسمی و همکاران در شناسایی خطای انسانی وظایف شغلی اتاق کنترل صنایع پتروشیمی (۲۲)، حبیبی و همکاران در ارزیابی و مدیریت خطای انسانی در اپراتورهای اتاق کنترل پالایشگاه نفت اصفهان (۲۳) و تاج‌دینان و افشاری در شناسایی و ارزیابی خطای انسانی در واحد بازیافت گوگرد و آب ترش یک پالایشگاه نفت (۲۴) اشاره کرد. نتایج این پژوهش‌ها منجر به شناسایی خطاهای انسانی در سیستم‌های کاری و ارایه راهکارهایی برای کاهش آن‌ها شد.

امروزه تولید سیمان یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در مسیر توسعه اقتصادی کشورها، ایجاد زیربناهای توسعه‌ای شامل گسترش عملیات ساخت و ساز و فعالیت‌های عمرانی می‌باشد. میزان تولید و مصرف سیمان رابطه خیلی نزدیکی با فعالیت ساخت و ساز و عمرانی دارد. بنابراین، می‌توان از سیمان به عنوان یکی از کالاهای استراتژیک در ایجاد زیرساخت‌های توسعه یک کشور نام برد (۲۵). با توجه به این که در صنایع تولید سیمان وظیفه حساس کنترل فرایند به طور مستمر توسط اپراتورهای اتاق کنترل انجام می‌شود و وقوع حوادث با شدت پیامد زیاد در این صنعت می‌تواند با تأثیر بر میزان تولید این محصول، باعث کاهش روند ساخت و ساز در کشور شود و همچنین، با توجه به کمبود مطالعات گزارش شده در زمینه شناسایی و پیش‌بینی خطاهای محتمل در سیستم کنترل فعالیت‌های اپراتورهای اتاق کنترل در این صنعت، در تحقیق حاضر سعی گردید تا با استفاده از روش SHERPA، انواع خطاهای محتمل در فرایند کنترل در یکی از شرکت‌های تولید سیمان پیش‌بینی و طبقه‌بندی شود.

روش‌ها

در این پژوهش توصیفی، خطاهای کارکنان اتاق کنترل یک شرکت تولید سیمان شامل ۱۲ نفر که مطابق با برنامه نوبت کاری در محیط کار حاضر می‌شدند، مورد بررسی قرار گرفت. برای جمع‌آوری داده‌های لازم، از روش‌های مشاهده، مصاحبه با متخصصان فرایند و اپراتورهای اتاق کنترل، بررسی اسناد و مستندات فنی استفاده شد. بدین ترتیب که اعمال اپراتورهای اتاق کنترل در طول ساعت‌ها حضور در کنار آن‌ها مشاهده شد و سپس از طریق بازدیدهای مکرر از قسمت‌های مختلف کارخانه و گفتگو با مدیران و اپراتورهای مختلف، آشنایی کامل با فرایند تولید سیمان صورت گرفت. همچنین، مستندات موجود مربوط به فرایند، رویدادهای اتفاق افتاده اعم از حوادث و وقفه در تولید، تعمیرات انجام شده و... بررسی گردید. اعمال اپراتورها از طریق مشاهده نمایشگرهای کنترل کننده واحدها مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، در حین بررسی نمایشگرها، شاخص‌های عملیاتی واحدهای کنترلی از اپراتورهای اتاق کنترل پرسیده شد. جمع‌آوری اطلاعات در شرکت تولید سیمان طی مدت چهار ماه صورت گرفت که در این مدت، علاوه بر مصاحبه با اپراتورهای اتاق کنترل، با مسؤول ایمنی جهت شناسایی مناطق پرخطر و حوادث رخ داده در گذشته، با مدیر فنی جهت دریافت نقشه‌های مربوط به خط تولید، با مهندس شیفت بهره‌برداری جهت دریافت اطلاعات مربوط به هماهنگی بین شیفت‌ها و همچنین، با PLC-man (اپراتور برنامه‌نویس اتاق کنترل) جهت نحوه برنامه‌نویسی و نحوه خارج کردن سیستم از مدار در موقع بروز حادثه، مصاحبه صورت گرفت.

در مطالعه حاضر، پیش‌بینی و توصیف خطاهای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل با استفاده از SHERPA در هشت مرحله که در ادامه آمده است (۲۶)، انجام شد. پس از آشنایی با اعمال اپراتورهای اتاق کنترل، وظایف اصلی آن‌ها جهت تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی وظایف (Hierarchical task analysis یا HTA) شناسایی گردید.

۱- *HTA*: در این مرحله وظایف اصلی از طریق انجام بررسی‌های تکمیلی به زیروظایف مختلف تقسیم‌بندی شدند و این کار تا جایی ادامه یافت که امکان تقسیم به اجزای کوچک‌تر وجود نداشت.

۲- *طبقه‌بندی وظیفه (Task classification)*: هر یک از زیروظایف شناسایی شده به وظایف اقدام (عمل)، بازیابی، بررسی کردن (بازبینی)، انتخاب و تبادل اطلاعات طبقه‌بندی گردید.

۳- *شناسایی خطاهای انسانی (Human error identification)*: در این مرحله، خطاهای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل با استفاده از فهرست بازبینی

خطا شناسایی شد.

۴- *تحلیل پیامد (Consequence analysis)*: پیامدها و خسارت‌های احتمالی ناشی از خطای انسانی شناسایی شده بر روی سیستم مشخص گردید.

۵- *بازیابی خطا (Recovery analysis)*: در این مرحله امکان بازیابی خطاهای شناسایی شده از طریق مشخص کردن اقدام فوری بعد از ایجاد خطا جهت برگرداندن سیستم به حالت قبل از وقوع خطا تعیین شد؛ به طوری که آیا امکان بازیابی خطای انسانی شناسایی شده وجود دارد یا نه؟

۶- *آنالیز احتمال خطا (Error probability analysis)*: میزان احتمال بروز حوادث ناشی از خطاهای انسانی شناسایی شده به صورت مکرر، محتمل، گاه به گاه، خیلی کم و غیر محتمل تعیین گردید.

۷- *آنالیز بحرانیت (Criticality analysis)*: پیامدهای ناشی از خطای انسانی با استفاده از روش ارزیابی کیفی شدت به چهار دسته «فاجعه‌بار، بحرانی، مرزی و جزیی» طبقه‌بندی شد.

۸- *تجزیه و تحلیل راهکارهای اصلاحی (Remedy analysis)*: در نهایت، پس از برآورد میزان خطر خطاهای شناسایی شده با حاصل‌ضرب احتمال وقوع و شدت پیامد هر یک از خطاها، اقدامات کنترلی به منظور کاهش خطر آن‌ها ارایه شد. لازم به ذکر است که روش SHERPA در تحقیقات پیشین برای ارزیابی خطاهای انسانی مورد استفاده قرار گرفته و روایی و پایایی مورد قبولی داشته است (۲۸، ۲۷). در پژوهش Baber و Stanton مقدار روایی هم‌زمان روش ۰/۸۰ و پایایی آن ۰/۹۰ (۲۷) و در مطالعه Stanton و Stevenage نیز روایی هم‌زمان و پایایی روش به ترتیب ۰/۷۴ و ۰/۶۵ گزارش گردید (۲۸).

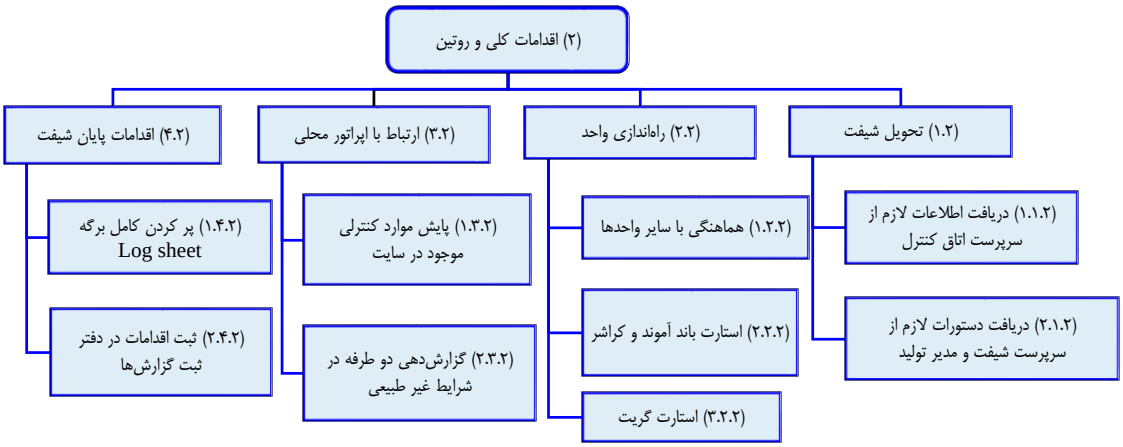
یافته‌ها

در تحقیق حاضر، ۹ وظیفه اصلی شامل «کنترل آسیاب مواد، کنترل کوره، کنترل آسیاب سیمان، تحویل شیفت، راه‌اندازی واحد، ارتباط با اپراتور محلی، اقدامات پایان شیفت، انجام مانور و متوقف کردن کل واحد» شناسایی شد که پس از انجام تجزیه و تحلیل با HTA، ۱۰۳ زیروظیفه برای اپراتورهای اتاق کنترل شرکت تولید سیمان شناسایی گردید. نتایج مربوط به سه وظیفه کنترلی در سه HTA مجزا و نتایج مربوط به تحویل شیفت تا اقدامات پایان شیفت در یک HTA تحت عنوان «اقدامات کلی و روتین» و نتایج مربوط به انجام مانور و متوقف کردن واحد در شرایط اضطراری در یک HTA تحت عنوان «اقدامات اضطراری» تدوین شد. شکل ۱ نمونه‌ای از HTA و کلیه اعمال از بدو دریافت شیفت توسط اپراتورها و سایر بخش‌های مربوط تا پایان همان شیفت را نشان می‌دهد.

با توجه به تجزیه و تحلیل انجام شده برای تکمیل برگه‌های کار SHERPA، ۲۰۴ خطا برای وظایف شغلی مورد نظر مطابق با جدول ۱ شناسایی گردید. اطلاعات به دست آمده از برگه‌های کار نشان داد که از مجموع ۲۰۴ خطای شناسایی شده، بیشترین خطای مورد شناسایی از نوع عملکردی (۴۵/۱ درصد) و کمترین آن‌ها از نوع انتخاب (۳/۹ درصد) بود. تعداد خطاهای شناسایی شده در کنترل واحد کوره (۶۱ مورد)، کنترل آسیاب مواد (۳۶ مورد) و کنترل آسیاب سیمان (۳۰ مورد) گزارش شد. بیشترین نوع خطاهای شناسایی شده در هر سه وظیفه از نوع بازیابی و به ترتیب ۲۹، ۲۴ و ۱۹ مورد بودند. کمترین تعداد خطاهای شناسایی شده مربوط به اپراتور محلی و از نوع خطای ارتباطی (۵ مورد) مشاهده شد.

بیشترین خطای شناسایی شده عملکردی به فراموشی انجام عمل مورد نظر (A۸) به عنوان مثال فراموشی مقدار تنظیم تونائ اختصاص داشت. در حیطه خطاهای عملکردی برای سه نوع خطای A۶ (عمل صحیح بر روی گزینه اشتباه انجام شود)، A۷ (عمل اشتباه بر روی گزینه صحیح انجام شود) و A۱۰ (عمل اشتباه بر روی گزینه اشتباه انجام می‌شود)، هیچ نوع خطایی شناسایی نشد. بیشترین خطای شناسایی شده بازدید مربوط به فراموشی بررسی (C۱) مانند فراموشی بررسی دفتر گزارش‌ها بود. در همین حیطه، برای سه نوع خطای C۳ (بررسی صحیح بر روی گزینه اشتباه انجام می‌شود)، C۴ (بررسی اشتباه بر روی گزینه صحیح انجام می‌شود) و C۶ (بررسی اشتباه بر روی گزینه اشتباه انجام می‌شود) هیچ نوع خطایی شناسایی نگردید.

در حیطه خطاهای بازیابی، بیشترین خطا مربوط به بازیابی ناقص اطلاعات (R۳) بود. از جمله این خطاها می‌توان به بازیابی ناقص اطلاعات در مورد آمپراژ موتورها اشاره کرد. کمترین خطاها در همین حیطه در دسترس نبودن اطلاعات لازم (R۱) از جمله در دسترس نبودن اطلاعات کافی در مورد دمای اسکنر بیرونی بود.



شکل ۱. بخشی از Hierarchical task analysis (HTA) وظایف کلی و روتین اپراتور اتاق کنترل

جدول ۱. انواع خطاهای شناسایی شده بر حسب درصد

نوع	کد خطا	توصیف خطا	تعداد خطا	درصد
خطای عملکردی	A۱	عمل خیلی زود یا دیر انجام می‌شود.	۹	٤/٤
	A۲	عمل مورد نظر بی‌موقع انجام می‌شود.	٦	۲/۹
	A۳	عمل مورد نظر در جهت اشتباه انجام می‌شود.	٦	۲/۹
	A٤	عمل کمتر یا بیش از حد لازم انجام می‌شود.	٤	۱/۹
	A٥	عمل تغییر انجام می‌شود.	۱٦	۷/۹
	A٦	عمل صحیح بر روی گزینه اشتباه انجام می‌شود.	۰	۰
	A۷	عمل اشتباه بر روی گزینه صحیح انجام می‌شود.	۰	۰
	A۸	انجام عمل مورد نظر فراموش می‌شود.	٤۳	۲۱/۱
	A۹	عمل به طور ناقص انجام می‌شود.	۸	۳/۹
	A۱۰	عمل اشتباه بر روی گزینه اشتباه انجام می‌شود.	۰	۰
	جمع		۹۲	٤٥/۱
خطای بازدید	C۱	بررسی فراموش می‌شود.	٦	۲/۹
	C۲	بررسی به طور ناقص انجام می شود	۲	۱
	C۳	بررسی صحیح بر روی گزینه اشتباه انجام می‌شود.	۰	۰
	C٤	بررسی اشتباه بر روی گزینه صحیح انجام می‌شود.	۰	۰
	C٥	بررسی در زمان نامناسب انجام می‌شود.	۱	۰/٥
	C٦	بررسی اشتباه بر روی گزینه اشتباه انجام می‌شود.	۰	۰
	جمع		۹	٤/٤
خطای بازیابی	R۱	اطلاعات لازم در دسترس نیست.	٤	۲
	R۲	اطلاعات به صورت اشتباه ارایه شده است.	۳۲	۱٥/۷
	R۳	بازیابی اطلاعات ناقص انجام می‌شود.	۳٦	۱۷/٦
	جمع		۷۲	۳٥/۳
خطای ارتباطی	I۱	تبادل اطلاعات صورت نمی‌گیرد.	۸	۳/۹
	I۲	اطلاعات اشتباه تبادل می‌شود.	۹	٤/٤
	I۳	تبادل اطلاعات به طور ناقص انجام می‌گیرد.	٦	۲/۹
	جمع		۲۳	۱۱/۳
خطای انتخاب	S۱	انتخاب حذف می‌شود.	۳	۱/٥
	S۲	انتخاب اشتباه انجام می‌شود.	٥	۲/٤
	جمع		۸	۳/۹
جمع کل خطاها			۲۰٤	۱۰۰

بیشترین خطا در حیطه خطای ارتباطی نیز مربوط به اشتباه در تبادل اطلاعات (I۲) بود که به عنوان مثال در کنترل سیلوی انتخابی اطلاعات به صورت اشتباه ثبت می‌شد. کمترین خطا در همین حیطه به تبادل ناقص اطلاعات (I۳) اختصاص یافت که به طور نمونه می‌توان به دریافت اطلاعات لازم اپراتورهای محلی از سرپرست اتاق کنترل به صورت ناقص اشاره نمود.

در میان خطاهای انتخاب، بیشترین خطا مربوط به انتخاب اشتباه (S۲) بود که به عنوان مثال می‌توان انتخاب اشتباه آلارم را نام برد. در میان همین خطاها، حذف انتخاب (S۱) درصد کمتری از خطاها را به خود اختصاص داد. از جمله این خطاها می‌توان به انتخاب نشدن سیلوی مورد نظر جهت خروج مواد اشاره نمود.

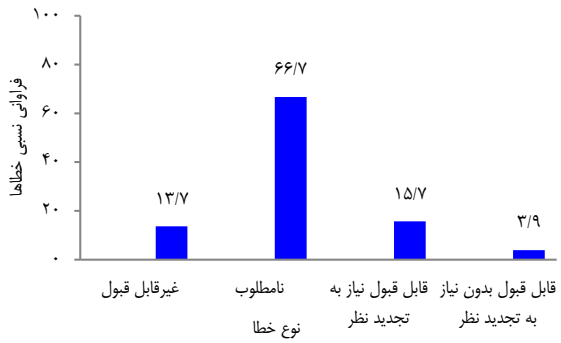
خطاهای محتمل برای وظایف شغلی مختلف آنالیز شده با استفاده از روش HTA بعد از شناسایی در کاربرگ‌های SHERPA وارد شد. همان‌گونه که در جدول ۲ بررسی خطاهای مربوط به وظیفه کنترل سوخت کوره نشان داده شده است، در کاربرگ‌های مذکور علاوه بر شناسایی خطاهای محتمل مربوط به وظایف شغلی، پیامدهای خطا برای سیستم، سطح خطر و راهکارهای کنترلی برای بازیابی و کاهش خطاهای شناسایی شده نیز بررسی گردید. برای وظیفه کنترل سوخت کوره دو نوع خطای A۴ (عمل کمتر یا بیشتر از حد لازم انجام شود) و A۵ (عمل تغییر انجام شود) شناسایی شد. در صورتی که مقدار سوخت‌دهی به کوره متناسب با مقدار تعریف شده نباشد، می‌تواند سبب افت در کیفیت تولید و یا آسیب به بدنه کوره در اثر سوخت‌دهی زیاد و یا فوران شعله به بیرون کوره و ایجاد خسارت مالی و جانی گردد.

جدول ۲. نمونه برگه کار Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)

نام وظیفه شغلی اصلی: اپراتور کنترل واحد کوره								
ردیف	وظیفه شغلی	نوع خطا	توصیف خطا	پیامد ناشی از خطا	بازیابی	سطح خطر	راهکار کنترلی	سطح خطر پیش‌بینی شده
۱-۲-۳	کنترل سوخت کوره	A٤ و A٥	مقدار سوخت‌دهی به کوره بیشتر یا کمتر از حد مجاز باشد و یا تغیرات اعمالی بر روی سوخت قابل قبول نباشد	ایجاد چسبندگی زیاد مواد و گرفتگی کوره، افت کیفیت مواد، آسیب به به بدنه کوره	کنترل مشعل کوره	۱B	اصلاح سیستم به جهت پایش اتوماتیک سوخت و شروع آلارم شنیداری در دماهای بالا یا پایین	۱E

بهترین راهکارهای کنترلی، بـه‌روز کـردن و برنامه‌نویسـی مجـدد سیسـتم جهت پایش اتوماتیک آن و به کارگیری آلارم‌های شنیداری و دیـداری در اتـاق کنترل جهت پیشگیری از وقوع چنین حوادثی بود. سطح خطر خطاهای شناسایی شده با در نظر گرفتن احتمال نقش آن‌ها در به وجود آوردن حـوادث احتمـالی و پیامدهای ناشی از آن‌ها تخمین زده شد. بررسی سـطح خطـرات بـرآورده شـده نشان داد که بیشتر آن‌ها بـه ترتیـب از نـوع ۲C (۵۵ مـورد)، ۳C (۳۲ مـورد) و ۲D (۳۰ مورد) و کمترین آن‌ها بـه ترتیـب ۱E (۱ مـورد)، ۱B (۲ مـورد) و ۴C (۳ مورد) بودند. بر اساس سطح خطر برآورد شده و در نظر گرفتن بازیابی موجود، راهکارهای کنترلی برای کاهش سطح خطر ارایه گردید.

همان‌گونه که شکل ۲ نشان می‌دهد، ۶۶/۷ درصد خطاها دارای سطح خطر نامطلوب و تنها ۳/۹ درصد خطاها دارای سطح خطر قابل قبـول بـدون نیـاز بـه تجدید نظر بودند. همچنین، بررسی یافته‌ها حاکی از آن بود که خطاهای با خطر غیر قابل قبول بیشتر از نوع عملکردی (۴۲/۸ درصد) و کمترین درصـد آن‌هـا از نوع ارتباطی (صفر درصد)، خطاهای با سطح خطر نامطلوب بیشتر از نوع بازیابی (۴۱/۹ درصد) و کمترین درصد آن‌ها از نوع انتخاب (۱/۴ درصـد)، خطاهـای بـا سطح خطر قابل قبول نیاز به تجدید نظر بیشتر از نوع عملکردی (۵۶/۲ درصد) و کمترین آن‌ها از نوع بازدید و انتخاب (۶/۹ درصد)، خطاهای با سطح خطر قابـل قبول بدون نیاز به تجدید نظر بیشتر از نوع ارتبـاطی (۳۷/۵ درصـد) و کمتـرین آن‌ها از نوع بازدید (صفر درصد) بودند.



شکل ۲. وضعیت کلی و فراوانی سطح خطر خطاهای اپراتورهای اتاق کنترل

بحث

پژوهش حاضر با هدف اصلی شناسایی خطای انسانی اپراتورهـای اتـاق کنتـرل یک شرکت تولید سیمان با استفاده از SHERPA انجام شد. ۹ وظیفه اصلی در اپراتورهای اتاق کنترل شناسایی گردید که از نظر کنتـرل فراینـد مربـوط دارای اهمیت بودند و بـا روش HTA مـورد واکـاوی قـرار گرفـت. بیشـتر خطاهـای شناسایی شده از نوع عملکردی (۴۵/۱ درصد) و کمترین خطاهای شناسایی شده از نوع انتخابی (۳/۹ درصد) بودند. بر اساس خطرات خطاهـای شناسـایی شـده، بیشترین فراوانی به سطح خطر نامطلوب و کمترین فراوانی به سطح خطر قابـل قبول بدون نیاز به تجدید نظر اختصاص یافت.

نتایج مطالعه نشان داد که بیشتر خطاهای شناسایی شده از نوع عملکـردی و فراموشی بودند (جدول ۱). کارکنـان اتـاق کنتـرل در صـنایع مختلـف اغلـب مسؤول کنترل شاخص‌های فرایندی در تجهیزات گران‌قیمت مـورد اسـتفاده در فرایندها و ایمنی فرایند می‌باشند و این مسؤولیت باعث افزایش استرس و وقـوع خطای انسانی در عملکرد آن‌ها می‌شود (۲۹). از آن‌جایی کـه عملکـرد کارکنـان اتاق کنترل شاخص مهمـی در ایمـن نگهداشـتن و عملیـات کارامـد سیسـتم‌ها می‌باشد (۳۰) و کنترل فرایند دارای حساسیت بالا و مستلزم دقت بسـیار بـالای اپراتورها حین انجام کار می‌باشد، وظایف عملکـردی و بازیـابی و بـه دنبـال آن، بیشتر بودن خطاهای عملکردی و بازیابی ناشی از همین مسأله است. علاوه بـر این، در وظایفی که هوشیاری و آمادگی اپراتور برای انجام آن ضروری است، در صورتی که میزان بار کاری در محیط کاری زیاد باشد، می‌تواند در طولانی مدت باعث ایجاد خستگی و منجر به وقوع خطای انسانی گردد (۳۱). حتی زمانی کـه وظیفه مورد نظر نسبتاً کوتاه باشد، کاهش هوشیاری می‌تواند در محیط‌هـای بـا استرس زیاد مشاهده شود (۳۲).

ناهماهنگی مسؤولیت، توانـایی و اختیـار فـرد نیـز می‌توانـد باعـث ضـعف عملکردی شود (۳۳، ۳۱). در میان خطاهای عملکردی، فراموشـی انجـام عمـل مورد نظر به دلیـل پیچیـدگی سیسـتم و گسـتردگی زیـاد کنتـرل شـاخص‌های عملیاتی، بیشترین درصد را در میان خطاها به خود اختصاص داد. تمرکز بیشتر بر روی سیستم‌های کنترلی از طریق کاهش رفت و آمدهای کارکنان سایر بخش‌ها به اتاق کنتـرل، آموزش‌هـای لازم در خصـوص کنترلرهـا و توجـه و شناسـایی مشکلات روانی اپراتورهای اتاق کنترل و تدوین برنامه‌ای جهت کاهش استرس و دیگر مشکلات روانی به منظور جلوگیری از غیبت و انجام خطاهای احتمـالی، تا حدود زیادی می‌تواند در کاهش این خطاها مؤثر باشد.

خطای بازیابی و در رأس آن‌ها بازیابی ناقص اطلاعات، بیشترین تعداد خطا بعد از خطای عملکردی را به خود اختصاص داد. با توجه به این که وقوع خطای انسانی در بعضی مواقع در سیستم‌های کاری غیر قابل اجتناب است، بایـد بـرای پیش‌بینی خطاها تلاش شود و قبل از وقوع آن‌هـا سیسـتم بـه حالـت عـادی و ایمنی بازگردانده شود (۳۴). عدم داشتن اطلاعات کافی از داده‌ها و شاخص‌های

سیستم می‌تواند منجر به ایجاد این خطاها گردد که الزام اپراتورها بـه بررسـی و مرور دستورالعمل و بـازآموزی متناسـب بـا نیازهـای اپراتورهـای اتـاق کنتـرل، می‌تواند از ایجاد این خطاها جلوگیری نماید.

خطای ارتباطی بعد از خطای عملکردی و بازیابی، بیشـترین تعـداد خطـا را داشت. در میان خطاهای ارتباطی، بیشـترین خطـا مربـوط بـه اشـتباه در تبـادل اطلاعات بود که ایجاد ارتباطات الکترونیکی بـین سـازمانی بـین اتـاق کنتـرل، بخش‌های عملیاتی و بخش اداری و در رأس آن‌ها مرکـز بایگـانی اسـناد بـرای تسریع در دسترسی به اطلاعات مورد نیاز برای عملیات اتاق کنترل و همچنـین، بهینه‌سازی سیستم ارتباط داخلی واحد و استفاده انواع سیستم ارتباطی در هنگام انجام عملیات در سایت (بی‌سیم و تلفن همراه)، می‌تواند نقش بسزایی در کاهش این نوع خطاها داشته باشد. بعد از خطاهای مذکور، خطای بازدید بیشترین خطـا را به خود اختصاص داد و فراموشی بررسی از بیشترین خطاهای موجـود در ایـن دسته بود که با نظارت صحیح و تـدوین دسـتورالعمل کـاری و تهیـه و تـدارک چک‌لیست‌هایی برای بازرسی و پایش تجهیزات کنترلـی اتـاق کنتـرل شـرکت، می‌توان از این نوع خطاها جلوگیری به عمل آورد. کمترین خطاهای مربـوط بـه اتاق کنترل شامل خطای انتخاب می‌باشد که ایـن نـوع خطـا بـه دنبـال مـوارد انتخابی محدود در سیستم کنترلی اتاق کنتـرل مرکـزی، دارای کمتـرین تعـداد می‌باشد. برای جلوگیری از وقوع ایـن خطاهـا می‌تـوان از تـدوین چک‌لیسـت و تکمیل آن توسط اپراتور و کنترل آن توسط مهندس شیفت یا مدیر تولید استفاده نمود. با توجه به این که پیچیدگی وظیفـه، کـار زیـاد، سـابقه کـاری، اسـترس، اضطراب، خستگی و کیفیت دوره‌های آموزش‌های سپری کرده به عنوان عوامل شناخته شده در وقوع خطاهای انسانی هستند (۳۹-۳۵)، توجه به این شـاخص‌ها می‌تواند در کاهش خطاهای انسانی در محیط‌های کاری مؤثر باشد.

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که بیشتر خطاهای شناسایی شده از نـوع عملکردی و کمترین آن‌ها از نوع انتخابی بودند که با نتایج پژوهش‌های قاسمی و همکاران (۲۲)، حبیبی و همکاران (۲۳)، تاج‌الدینی و افشاری (۲۴) و کرمـی و همکاران (۴۰) همخوانی داشت. همچنین، در مطالعه بابایی پویا و همکاران کـه در صنعت سیمان انجام شد، بیشترین نوع خطا از نوع عملکردی بود (۲۹) که بـا نتایج بررسی حاضر مشابهت داشت.

تهیه فهرست‌های بازبینی مناسـب بـرای بررسـی انجـام مراحـل مختلـف وظایف محول شده و همچنین، تهیه دستورالعمل‌های عملیاتی به همراه آموزش، نظارت و تأکید بر انجام درست کارها بر اسـاس دسـتورالعمل‌ها می‌توانـد باعـث ایجاد فرهنگ مناسـب بـرای پیشـگیری از فراموشـی انجـام عمـل و خطاهـای عملکردی باشد. نکته حایز اهمیت این است که با وجود خطاهای زیاد شناسـایی شده، سوابق حوادث مرتبط با وظایف اپراتورهای اتاق کنترل شرکت مورد بررسی بسیار کم بود که این موضوع خود نشان دهنده توانایی بالا در بازیابی خطاهـا در شرکت می‌باشد. به این معنی که رخداد خطا در یک مرحله می‌توانـد در مراحـل بعدی قابل تشخیص و برطرف‌سازی باشـد. در تحقیـق حاضـر، ۶۵/۲ درصـد از خطاها دارای بازیابی مؤثر بودند.

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، از میان خطاهای شناسایی شـده، ۶۶/۷ درصد دارای خطر نامطلوب و ۱۵/۷ درصد قابل قبول با نیاز به تجدید نظر بودند. بیشترین میزان خطر خطاهای شناسایی شده در مطالعه آذرنیا قوام و همکاران از نوع نامطلوب بود (۴) که با یافته‌های تحقیق حاضر همخوانی داشت، اما دادگر و همکاران بیشترین خطر خطاها را در پژوهش خودشان غیر قابل قبول به دسـت آوردند (۴۱) که با نتایج مطالعه حاضر مغایرت داشت و می‌تواند ناشـی از تفـاوت در محیط‌های کاری مورد بررسی و خطر خطاهای موجود در آن‌ها باشد. بررسـی نتایج نشان داد که بیشتر خطرات نامطلوب خطاهای شناسایی شـده مربـوط بـه خطاهای بازیابی و عملکردی بود که ضرورت توجه بیشتر به کنترل این خطاهـا را نشـان می‌دهـد. بیشـتر خطـرات از نـوع 2C (۲۷/۹۵ درصـد) و 3C (۱۵/۶۸ درصد) بودند که دارای احتمال وقوع گاه‌گاه و بـه ترتیـب دارای شـدت پیامد بحرانی و مرزی بودند. با توجه به یافته‌های به دست آمـده، بایـد مـدیران شرکت با در نظر داشتن روش‌های کنترلی پیشنهادی به طـور پیشـگیرانه بـرای کاهش احتمال وقوع حوادث ناشی از خطاهای شناسایی شده و همچنین، به طور واکنشی برای کاهش پیامدهای ناشی از حوادث احتمالی، اقدامات لازم را انجـام دهند تا میزان خطر خطاهای شناسایی شده به سطح قابل قبولی کاهش یابد.

تحقیق حاضر از معدود پژوهش‌هایی بود که به بررسی خطاهای انسـانی در اپراتورهای یک شرکت تولید سیمان در ایران پرداخت و به نظر می‌رسـد کـه بـا استفاده از نتایج آن می‌توان از بروز خطای انسانی در شرکت مورد نظر پیشگیری کرد. با انجام مطالعه، ابزارهای کنترلـی سیسـتم جهـت کنتـرل خطـای انسـانی مناسب ارزیابی شد. روش SHERPA فهرست کامـل و نظام‌منـدی از خطاهـا، جزییات خاصی از وظایف به منظور ایجاد تغییر در جلوگیری از وقوع خطـا و بـه ویژه احتمال وقوع و بحرانیت خطا فراهم می‌کند (۴۲). بـا توجـه بـه یافتـه‌های تحقیقات پیشین، روش SHERPA دارای روایی و پایایی قابل قبولی می‌باشـد (۲۸، ۲۷) و در یک پژوهش تطبیقـی، روش SHERPA از میـان شـش روش شناسایی خطای انسـانی، بـه عنـوان بهتـرین روش شناسـایی خطـای انسـانی شناسایی گردید (۴۴، ۴۳). بر این اساس، یافته‌های مطالعه حاضر برای استفاده از روش SHERPA در شناسایی خطاهای اپراتورهای اتـاق کنتـرل می‌توانـد بـا توجه به دقت در جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، از اعتبـار کـافی برخـوردار باشد. به طور کلی، روش SHERPA می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر جهـت شناسایی خطاهای انسانی در اتاق کنترل صنایع مورد استفاده قرار گیرد تا وقـوع خطرات احتمالی ناشی از خطای انسانی پیش‌بینی و در این زمینه تصمیم منطقی اتخاذ گردد.

تحقیق حاضر دارای محدودیت‌هایی بود کـه از آن جملـه می‌تـوان بـه عـدم آشنایی کارکنان کارخانه سیمان مورد بررسی با روش‌های شناسایی خطای انسـانی و علاقه اندک آن‌ها برای همکاری بود که پس از ارایـه توضـیحات لازم در زمینـه اهمیت و ضرورت پژوهش، توجه و مشارکت آن‌ها جلب شد. به دلیل مسـافت زیـاد محل مورد بررسی جهت انجام مطالعه، مشکلاتی از نظر رفت و آمد به وجـود آمـد. غیبت کارکنان اتاق کنترل، مدیر تولید و مهندس شیفت بهره‌برداری بـدون اطـلاع قبلـی، موجـب کنـدی سـرعت در رونـد جمـع‌آوری داده‌هـای لازم شـد. از دیگـر محدودیت‌های تحقیق، وقت‌گیر بودن آشنایی با فرایند تولید و امور کنترلی در اتـاق کنترل مرکزی و صرف زمان زیاد برای شناسایی و بررسی خطاها بود.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به شناسایی خطاهای اپراتورهای اتاق کنترل یک شرکت تولید سیمان پرداخت و نتایج به دست آمده می‌تواند برای پیشگیری از خطاهای آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد. یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که تکنیک SHERPA علاوه بر قابلیت اجرا در صنایع پتروشیمی، پزشکی، نفت و گاز،

می‌تواند به خوبی در شناسایی و ارزیابی خطاهای اتاق کنترل صنایع سیمانی نیز مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به این که بیشترین نوع خطاهای شناسایی شده در تحقیق حاضر از نوع عملکردی بود، برای کاهش این نوع خطا باید تلاش شود تا با اقدامات اصلاحی لازم از جمله آموزش‌های اثربخش اپراتورها، سیستم‌های نظارتی، استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترلی و دستورالعمل‌ها، احتمال رخداد این خطاها به پایین‌ترین سطح خود برسد که این امر خود می‌تواند در کاهش خطر غیر قابل قبول تأثیر فراوانی داشته باشد.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته ارگونومی به شماره ۱۹۶۶، مصوب دانشگاه علوم پزشکی ارومیه می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از مدیر تولید، مدیر HSE و کلیه کارکنان اتاق کنترل شرکت تولید سیمان که در انجام این پژوهش همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند. همچنین، از معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی ارومیه به جهت تأمین بودجه و مساعدت در انجام طرح سپاسگزاری می‌گردد.

References

1. Li L, Liu X, Choi BC, Lu Y, Yu M. A descriptive epidemiological study on the patterns of occupational injuries in a coastal area and a mountain area in Southern China. BMJ Open 2012; 2(3): e000965.
2. International Labour Organization (ILO). Health and Safety at Work: Facts and Figures [Online]. [cited 2013 Mar 7]; Available from: URL: https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/media-centre/issue-briefs/WCMS_206117/lang--en/index.htm
3. Di Pasquale V, Miranda S, Iannone R, Riemma S. A simulator for human error probability analysis (SHERPA). Reliab Eng Syst Safe 2015; 139: 17-32.
4. Azarnia Ghavam M, Mazloumi A, Hosseini MR. Identification and evaluation of human error in operation of electrical installations of Tehran Province Electricity Distribution Company using SHERPA technique. J Health Saf Work 2019; 9(4): 363-80. [In Persian].
5. Park J. Scrutinizing inter-relations between performance influencing factors and the performance of human operators pertaining to the emergency tasks of nuclear power plant- An explanatory study. Ann Nucl Energy 2011; 38(11): 2521-32.
6. Hollnagel E. Cognitive reliability and error analysis method (CREAM). Oxford, UK: Elsevier Science; 1998.
7. Liu H, Hwang SL, Liu TH, Chen GH. Implementation of human error diagnosis (HED) system. J Chin Inst Eng 2004; 21(1): 82-91.
8. Di Stasi LL, Antoli A, Canas JJ. Main sequence: an index for detecting mental workload variation in complex tasks. Appl Ergon 2011; 42(6): 807-13.
9. Xie B, Salvendy G. Prediction of mental workload in single and multiple tasks environments. Int J Cogn Ergon 2000; 4(3): 213-42.
10. Ryu K, Myung R. Evaluation of mental workload with a combined measure based on physiological indices during a dual task of tracking and mental arithmetic. Int J Ind Ergon 2005; 35(11): 991-1009.
11. Moray N. Mental Workload Since 1979. In: Oborne DJ, editors. International Review of Ergonomics. London, UK: Taylor & Francis; 1988. p. 123–50.
12. Shirali G, Malekzadeh M. Predictive analysis of controllers' cognitive errors using the TRACEr technique: A case study in an airport control tower. Jundi Shapur J Health Sci 2015; 8(2): e60322.
13. Arnold IM, Ggbom F, Aluminum A. Occupational health and safety in the mining industry in Canada. Proceedings of Minesafe International 1996 Sep 9-13; Perth, Australia.
14. Salmon P, Stanton N, Baber C, Walker G, Green D. Human factors design and evaluation methods review. Southampton, UK: Human Factors Integration Defence Technology Centre (HFIDTC); 2004.
15. Kirwan B. Human error identification techniques for risk assessment of high risk systems-part 2: Towards a framework approach. Appl Ergon 1998; 29(5): 299-318.
16. Li Y, Zhu L. Risk analysis of human error in interaction design by using a hybrid approach based on FMEA, SHERPA, and fuzzy TOPSIS. Qual Reliab Engng Int 2020; 36(5): 1657-77.
17. Stanton NA, Salmon PM. Human factors methods: A practical guide for engineering and design. Aldershot, UK: Ashgate Publishing; 2005.
18. Adl J, Ghahramani A, Nasel Saraji J. Risk assessment in a sweetening unit in an Iranian gas refinery. J Sch Public Health Inst Public Health Res 2005; 3(4): 1-2. [In Persian].
19. Ghahramani A, Adl J, Nasl Seraji J. Process equipment failure mode analysis in a chemical industry. Iran Occup Health 2008; 5(1): 31-8. [In Persian].
20. Mirzaei Aliabadi M, Mohammad Fam I, Karimi S. Identification and assessment of human errors in blasting operations in Iron Ore Mine using SHERA technique. Journal of Occupational Hygiene Engineering 2015; 2(1):

57-65. [In Persian].
21. Mahdavi S, Heydari Farsani E, Tajvar A. Identification and assessment of human error due to design in damagingto the sour water equipment and SRP unit of control room in a refinery plant using SHERPA technique. J Health Saf Work 2013; 2(4): 61-70. [In Persian].
22. Ghasemi M, Nasl Saraji G, Zakerian A, Azhdari M. Ergonomic assessment (identification, prediction and control) of human error in a control room of the petrochemical industry using the SHERPA Method. J Sch Public Health Inst Public Health Res 2010; 8(1): 41-52. [In Persian].
23. Habibi EA, Gharib SA, Mohammadfam I, Rismanchian M. Human error assessment and management among isfahan oil refinery control room operators by SHERPA technique. J Health Syst Res 2011; 7(4): 1-10. [In Persian].
24. Tajdinan S, Afshari D. Human error examination in ancoiler device control room of Ahvaz Pipe Mill by SHERPA and HET methods at Year 1390. IOH 2013; 10(3): 69-77.
25. Alimohammadi I, Mirzaei F, Farshad AA. Assessment of hazard kiln cement factory with Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA). Iran Occup Health 2013; 9(4): 50-7. [In Persian].
26. Stanton NA, Salmon P, Walker G. Human factors design methods review. London, UK: Human Factors Integration Defence Technology Centre; 2003.
27. Baber C, Stanton NA. Human error identification techniques applied to public technology: predictions compared with observed use. Applied Ergonomics 1996; 27(2): 119-31.
28. Stanton NA, Stevenage SV. Learning to predict human error: issues of acceptability, reliability and validity. Ergonomics 1998; 41(11): 1737-56.
29. Bababei Pouya A, Hazrati S, Mosavianasl Z, Habibi E. Systematic human error reduction and prediction approach: Case study in cement industry control room. Journal of Occupational and Environmental Health 2017; 2(4): 272-84. [In Persian].
30. Knisely BM, Joyner JS, Rutkowski AM, Wong M, Barksdale S, Hotham H, et al. A cognitive decomposition to empirically study human performance in control room environments. Int J Hum Comput Stud 2020; 141: 102438.
31. Kaber DB. Issues in human automation interaction modeling: Presumptive aspects of frameworks of types and levels of automation. J Cogn Eng Decis Mak 2017; 12(1): 7-24.
32. Reinerman-Jones L, Matthews G, Mercado JE. Detection tasks in nuclear power plant operation: Vigilance decrement and physiological workload monitoring. Saf Sci 2016; 88: 97-107.
33. Pritchett AR, Kim SY, Feigh KM. Modeling human automation function allocation. J Cogn Eng Decis Mak 2013; 8(1): 33-51.
34. Mahdi Rezaie F, Fakoor Saghih AM, Motahari Farimani N. A novel hybrid approach based on CREAM and fuzzy ANP to evaluate human resource reliability in the urban railway. J Transp Saf Secur 2021; 13(12): 1326-64.
35. Ghiyasi S, Heidari M, Hoda A, Azimi L. Human error risk assessment of clinical care in emergency department with SHERPA approach and nurses safety climate analysis. Iran Occup Health 2018; 15(3): 129-40. [In Persian].
36. Ghasemi A, Atabi F, Golbabaei F. Human error classification for the permit to work system by sherpa in a petrochemical industry. Journal of Occupational Hygiene Engineering 2015; 2(3): 66-73. [In Persian].
37. Halvani G, Mehrparvar AH, Shamsi F, Rafieenia R, Khani Mouseloo B, Ebrahimi G. Risk assessment of human error among Mohr City, Parsian Gas refinery company control room operators using systematic human error reduction and prediction approach SHERPA in 2016. Occup Med 2017; 9(3): 32-44. [In Persian].
38. Nezamodini ZS, Movahedi Z, Kouhnavard B, Mosavianasl Z. Investigation of human error by using THERP method in control room of incoiler department in a pipe manufacturing company. Arch Hyg Sci 2018 2018; 7(3): 200-7.
39. Mosavi Ghahfarokhi M, Afshari D, Shirali GA. Predictive analysis of cognitive errors of control room operators: A case study in a petrochemical industry. Iran J Ergon 2021; 8(4): 31-49. [In Persian].
40. Karami E, Goodarzi Z, Rashidi R, Karimi A. Assessing human errors in sensitive jobs using two methods, TAFEI and SHERPA: A case study in a high-pressure power post. J Health Field 2020; 8(1): 58-69. [In Persian].
41. Dadgar P, Tehrani G, Borgheipour H. Identification and assessment of human error in CNG stations with SHERPA technique. International Journal of Environmental and Science Education 2017; 12(2): 253-65.
42. Ashour A, Phipps DL, Ashcroft DM. Predicting dispensing errors in community pharmacies: An application of the systematic human error reduction and prediction approach (SHERPA). PLoS One 2022; 17(1): e0261672.
43. Mandal S, Singh K, Behera RK, Sahu SK, Raj N, Maiti J. Human error identification and risk prioritization in overhead crane operations using HTA, SHERPA and fuzzy VIKOR method. Expert Syst Appl 2015; 42(20): 7195-206.
44. Stanton NA. Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions. Appl Ergon 2006; 37(1): 55-79.