

Assessing human errors in sensitive jobs using two methods, TAFEI and SHERPA: A case study in a high-pressure power post

Esmaeil Karami¹ , Zahra Goodarzi² , Rajab Rashidi³ , Ali Karimi^{4*} 

1- PhD Student, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- PhD Student, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tarbiat Modares University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3- Associate Professor, Department of Occupational Health, School of Health and Nutrition, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran

4- Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Backgrounds and Objectives: The work process is very important in complex jobs, so that if you forget or do not do it for any reason, it will have unpleasant consequences. The aim of this study was to identify and evaluate the human errors in sensitive jobs from two perspectives of human error identification in a high-voltage post station.

Materials and methods: In this descriptive study, TAFEI and SHERPA techniques were employed to identify the operator's error. The necessary information was obtained by directly observing the human activities, interviewing and reviewing the tasks and sub-tasks with HTA method. The exploited techniques were thence compared in terms of error detection and applied field.

Results: The results of matrix table in the job task using TAFEI method showed 29 cases of illegal transfer, so 29 human errors were identified; while totally 25 errors were identified by SHERPA method.

Conclusion: The results of this study show that the TAFEI method performs better in identifying the number of human errors in the task sequence step. On the other hand, the SHERPA method can cover the weaknesses of the TAFEI method and provide the level of risk. Accordingly, it is recommended that the analyst consider the different available HEI techniques and apply the one that he/she considers the most suitable for their need.

Keywords: Human error identification, power station, TAFEI, SHERPA

Please Cite this article as: 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. Journal of Health in the Field. 2020; 8(1):58-69.

***Corresponding Author:** Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Email: a_karimi@sina.tums.ac.ir

DOI: <https://doi.org/10.22037/jhf.v8i1.25725>

Received: 31 May 2019

Accepted: 30 May 2020

شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی در مشاغل حساس با استفاده از دو روش TAFEI و SHERPA: مطالعه موردی در یک پست برق فشار قوی

اسماعیل کریمی^۱، زهرا گودرزی^۲، رجب رشیدی^۳، علی کریمی^{۴*}

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۲- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
- ۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران
- ۴- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

چکیده

زمینه و اهداف: در مشاغل حساس، ترتیب انجام مراحل کار از اهمیت بسزایی برخوردار است، به طوری که در صورت فراموشی یا عدم انجام آن به هر دلیلی پیامدهای ناگواری به همراه خواهد داشت. هدف از این تحقیق، شناسایی و ارزیابی خطای انسانی در مشاغل حساس از دو دیدگاه شناسایی خطای انسانی در یکی از پست‌های برق فشار قوی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی به صورت مقطعی با بهره‌گیری از دو تکنیک TAFEI و SHERPA، به شناسایی خطای اپراتور پرداخته است. اطلاعات لازم در این مطالعه از طریق مشاهده مستقیم فعالیت، مصاحبه و بررسی وظایف با استفاده از روش HTA بدست آمد. در نهایت، دو تکنیک به لحاظ شناسایی خطا و حوزه کاربردی مقایسه گردید. در طول مدت مطالعه، کلیه موازین اخلاقی رعایت گردید.

یافته‌ها: نتایج جدول ماتریس در وظیفه شغلی مورد نظر با استفاده از روش TAFEI، ۲۹ مورد انتقال غیر قانونی را نشان داد، بنابراین ۲۹ خطای انسانی شناسایی گردید، در حالی که کل خطاها با روش SHERPA، ۲۵ مورد شناسایی گردید.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که روش TAFEI در شناسایی تعداد خطاهای انسانی، در این حوزه بهتر عمل می‌کند و از طرفی، روش SHERPA می‌تواند نقاط ضعف روش TAFEI را پوشش و سطح ریسک ارائه نماید؛ لذا توصیه می‌شود، تحلیل‌گر تکنیک‌های مختلف HEI موجود را در مطالعه موردی مشابه، برای دستیابی به شناسایی بهتر در نظر بگیرد و روشی را که در جهت برآورده کردن نیازها مناسب می‌داند اعمال کند.

کلید واژه‌ها: شناسایی خطای انسانی، پست برق، TAFEI، SHERPA

*نویسنده مسئول: دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

Email: a_karimi@sina.tums.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۱۰

مقدمه

همه ما هنگام کار با وسایل مختلف دچار اشتباه می‌شویم مثل؛ قرار دادن کتری خالی روی اجاق گاز یا سوزاندن لباس هنگام اتو کردن، همه از خطاهای رایجی است که در زندگی روزمره مرتکب می‌شویم [۱]. امروزه در بسیاری از محیط‌های کاری یک خطای انسانی منجر به حوادث جبران ناپذیری می‌شود و افراد معمولاً همدیگر را به خاطر این خطاهای انسانی مقصر می‌دانند [۲]. خطای انسانی همواره به عنوان یک فاکتور موثر در سیستم‌های پیچیده و دینامیک می‌باشد [۳] و به عنوان یکی از مهمترین عوامل بروز حوادث رخ داده در ایران معرفی شده است [۴]. براساس گزارش سازمان تامین اجتماعی ایران در سال ۱۳۹۶، ۱۸۸۷۶ حادثه رخ داده است که از این تعداد ۱۱۸ مورد منجر به فوت شده است [۵]. با این حال، به نظر می‌رسد تعداد واقعی بالاتر از این مقدار باشد و معمولاً، سهم خطای انسانی را حدود دوسوم عامل این حوادث می‌دانند [۶]. بروز خطای انسانی در نتیجه ترکیبی از علل مختلف شامل؛ عوامل فردی، سازمانی و مدیریتی، پیچیدگی روش کار، شرایط محیطی، نحوه آموزش، طراحی تجهیزات و دستگاه‌ها، نظارت و وجود یا عدم وجود دستورالعمل‌های کاری می‌باشد [۷]. بنابراین، می‌توان ادعا کرد که خطای انسانی مسئله ساده‌ای نیست و بنابراین باید چاره‌ای اندیشید که فرصت خطای انسانی کاهش یابد [۸].

روش‌های متعددی برای شناسایی و ارزیابی خطای انسانی وجود دارد [۸-۱۲]. در حال حاضر بیش از ۵۰ نوع روش شناسایی خطای انسانی (HEI) وجود دارد که در نیروگاه‌ها و پتروشیمی [۱۱]، کنترل ترافیک هوایی [۱۳] و خطوط هوایی [۱۴] استفاده می‌شود. تجزیه و تحلیل وظایف برای شناسایی خطای TAFEI (Task Analysis for Error Identification) یکی از روش‌های شناسایی خطای انسانی است که قادر است خطاهای افراد را در هنگام استفاده از تجهیزات پیش‌بینی کند و اطلاعاتی را به کاربر درباره‌ی عملکردش ارائه دهد. روش TAFEI با تکیه بر آنالیز شغل در شناسایی خطا برای اولین بار، توسط "استنتون و باربر" در سال ۱۹۹۴ ارائه گردیده است [۱]. آنالیز TAFEI در ارتباط با سناریوهای مبتنی بر کار می‌باشد. بنابراین، فعالیت‌های انسان بر روی حالت ماشین ترسیم می‌شود [۱۵]. این

تکنیک در محصولاتی از قبیل دستگاه‌های خودپرداز [۱۶]، دستگاه پخش و ضبط ویدیو کاست [۱۷]، کتری آب [۱۸]، انفورماتیک پزشکی [۱۹،۲۰]، طراحی ماشین فروش بلیط [۲۱] و کاربردهای صنعتی [۲۲] استفاده شده است. از طرفی دیگر، SHERPA (Systematic Human Error and Reduction and Prediction Approach) یکی از متداول‌ترین و معتبرترین روش‌های شناسایی و ارزیابی خطاها می‌باشد. بر اساس گفته‌های استنتون و همکاران (۲۰۱۳)، روش SHERPA، یکی از بهترین تکنیک‌های شناسایی خطای انسانی (HEI: Human Error Identification)، است که توسط امبری و همکاران در سال ۱۹۸۶، با هدف ارزیابی کیفی و کمی ارزیابی قابلیت اطمینان انسان و تدوین توصیه‌های مشخص برای کاهش احتمال خطاهای انسانی، به ویژه در مورد رویه‌ها، آماده سازی پرسنل و طراحی تجهیزات مورد استفاده قرار گرفت [۲۳،۲۴]. استنتون و بابر در سال ۲۰۰۲، از دو روش TAFEI و SHERPA برای شناسایی خطاهای انسانی استفاده کردند. در واقع برای پایایی و روایی TAFEI مورد مطالعه قرار گرفت و در نهایت پیشنهاد کردند که برای طراحی و ارزیابی قسمتی از پروسه می‌توانند کمک‌کننده باشند [۱].

با افزایش مصرف برق و رشد روزافزون جمعیت و شهرها، افزایش سرانه انرژی الکتریکی و در نتیجه افزایش شبکه بهم پیوسته نیروگاه تا خطوط انتقال و توزیع، به همان نسبت خطای انسانی به دلیل افزایش پیچیدگی در سیستم، افزایش می‌یابد. طبق آمار رسمی سازمان پزشکی قانونی کشور، در نه ماهه نخست سال ۹۸، ۶۰۰ مورد فوت ناشی از برق گرفتگی گزارش شده است [۲۳].

با توجه به ماهیت صنعت برق که یکی از ضروری‌ترین و حساس‌ترین صنعت در کشور می‌باشد و با توجه به آمار بالای حوادث و آسیب‌های جدی و گاه نسبتاً جبران ناپذیر ناشی از آن برای برقکاران، انتخاب روش‌های مناسب برای شناسایی خطا در این صنعت در بخش‌های مختلف بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین این پژوهش، به بررسی دو روش یا به عبارتی دو دیدگاه شناسایی خطای انسانی برای انتخاب تکنیک مناسب در زمینه فعالیت اپراتور پست فشار قوی پرداخته است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر یک مطالعه مورد پژوهی است که در یکی از پست‌های برق فشار قوی همدان به منظور شناسایی خطاهای اپراتور در طی سه مرحله اجرا گردیده است.

مرحله اول: تجزیه و تحلیل وظیفه شغلی مورد نظر با روش

(Hierarchical Task Analysis) HTA

برای انتخاب وظیفه شغلی مورد نظر برای تجزیه و تحلیل، ابتدا مصاحبه‌ای با اپراتور پست برق انجام گرفت. سپس کل وظایف روزانه اپراتور فهرست گردید تا وظیفه‌ای که اجرای نامناسب آن، آسیب‌های جبران ناپذیری به انسان، سازمان و تجهیزات وارد می‌کند، مشخص شده و مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین از سایت و فرآیند مورد نظر بازدید به عمل آمد و حوادث گذشته توسط تیم آنالیزگر بررسی گردید و در نهایت، جهت انتخاب وظایف حساس‌تر و آنالیز بهتر با کمک اپراتور، آنالیز سلسله مراتبی وظیفه (HTA) از وظایف روزانه اپراتور انجام گرفت.

مرحله دوم: تجزیه و تحلیل خطای انسانی با استفاده از تکنیک

TAFEI

در این مطالعه ابتدا از روش TAFEI، برای شناسایی خطا استفاده شده است که دارای سه گام متوالی، به شرح ذیل است [۱۷، ۱۵].

گام اول: انتخاب وظیفه شغلی مورد نظر با تجزیه و تحلیل سلسله

مراتبی وظایف

HTA اولین قدم در تکنیک TAFEI است. هرچه HTA دقیق‌تر انجام شود، نتیجه بهتری از خروجی تکنیک TAFEI خواهیم داشت. HTA بطور مستقیم هدف مورد نظر و به‌طور قابل ملاحظه توالی وظیفه‌ها را دنبال می‌کند، به‌طوری که باعث می‌شود TAFEI روی توالی وظیفه مورد نظر بیشتر تمرکز کند [۲۴].

گام دوم: ایجاد دیاگرام فضا-وضعیت

(SSD: State-Space Diagrams)

SSD در اصل از یک سری حالت‌ها تشکیل شده است که دستگاه از حالت شروع به سمت حالت هدف منتقل می‌شود. برای هر سری از حالت‌ها یک حالت فعلی و یک مجموعه‌ای از خروج‌های احتمالی برای حالت‌ها وجود خواهد داشت [۲۵]. در واقع SSD لیستی از حالت‌هایی که برای ماشین یا رویه مورد نظر اتفاق می‌افتد را نشان می‌دهد و نمایانگر رفتارهای دستگاه یا سیستم می‌باشد. هر کدام از آن‌ها یکی از حالت‌های احتمالی وظیفه را براساس HTA نشان می‌دهد [۲].

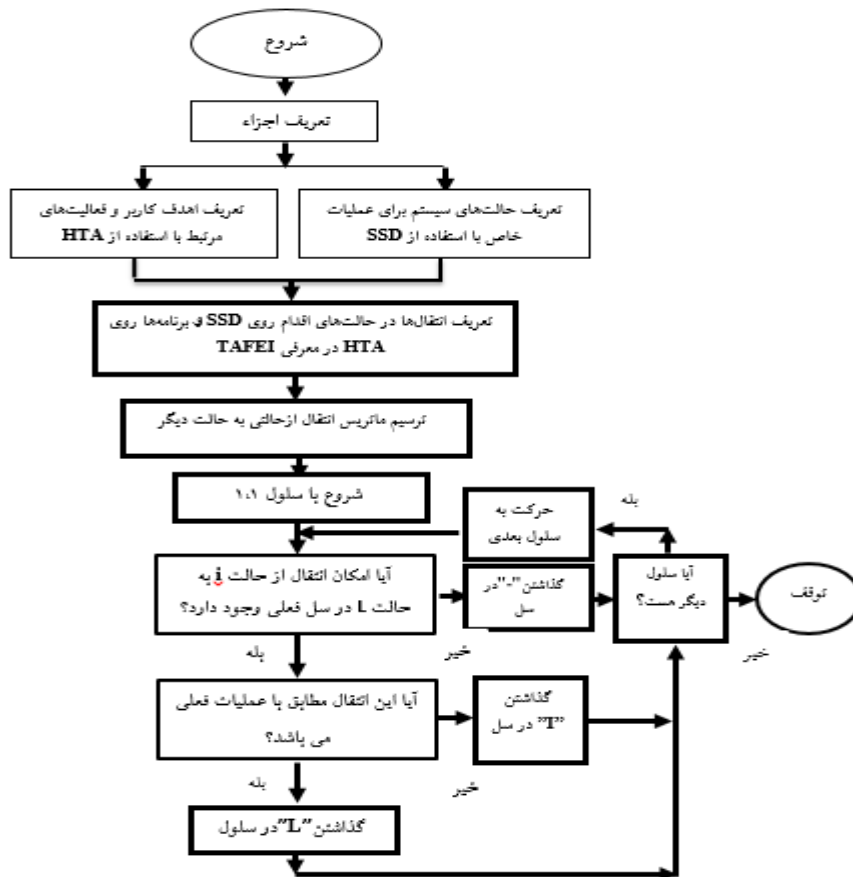
گام سوم: استفاده از ماتریس انتقال (TM: Transition Matrices)

ماتریس انتقال، یک مرحله مهم در تکنیک TAFEI است. تمام حالت‌های ممکن در این ماتریس درج می‌شوند. حالت‌های انتقال SSD در سلول‌های کناری جدول در سطر و ستون قرار می‌گیرند. سه رویکرد برای تکمیل ماتریس انتقال وجود دارد. هر انتقال به یکی از سه حالت انتقال به شرح ذیل دسته بندی می‌شود:

۱= غیر ممکن (Impossible) با علامت (-)؛ انتقال نمی‌تواند انجام شود یا گذر از این مرحله به مرحله بعدی امکان‌پذیر نیست.

۲= غیر قانونی (Illegal) با (I)؛ انتقال می‌تواند انجام شود؛ اما منجر به خروجی نامطلوب یا ناخواسته می‌شود. به‌نوبه خود این انتقال به عنوان خطای بالقوه، البته با در نظر گرفتن تغییرات، معرفی می‌شود (انحراف از هدف مورد نظر-عمل اشتباه) و در نهایت؛ ۳- انتقال قانونی (Legal) با (L)؛ انتقال می‌تواند انجام شود و با شرح وظایف فرد سازگار است (به عنوان مثال کاربر به سمت هدف می‌رود-عمل صحیح است).

شمای کلی از مراحل تصمیم‌گیری مربوط به تجزیه و تحلیل وظیفه برای شناسایی خطا (TAFEI) در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- شمای کلی از مراحل تصمیم‌گیری مربوط به تجزیه و تحلیل وظیفه برای شناسایی خطا (TAFEI)

Figure 1- An overview of the decision-making process related to Task Analysis for Human Error Identification (TAFEI)

گام اول؛ تحلیل سلسله مراتبی وظیفه؛ وظیفه مورد بررسی با جزئیات لازم جهت دستیابی به هدف مورد نظر ترسیم می‌گردد.

گام دوم؛ طبقه‌بندی وظیفه (Task classification): هر مرحله از کار از پایین‌ترین سطح آنالیز جهت طبقه‌بندی خطا به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود: اقدام یا عمل (Action): مثل فشار دادن یک دکمه یا کشیدن یک سویچ؛ بازیابی (Retrieval): دریافت اطلاعات از طریق مانیتور یا دستور العمل یا آیین نامه؛ بررسی کردن (Checking): هدایت کردن یک بررسی عملیاتی؛ انتخاب (Selection): انتخاب یک راهکار با توجه به فرمان مسئول بالاتر؛ تبادل اطلاعات (Information communication): گفتگو با بخش‌ها یا گروه‌های دیگر.

گام سوم؛ شناسایی خطای انسانی (Human Error Identification): انواع خطاهای انسانی ممکن در این مرحله (خطای

مرحله سوم: تجزیه و تحلیل خطای انسانی با استفاده از تکنیک

SHERPA

جهت شناسایی و ارزیابی خطاهای اپراتور اتاق کنترل شرکت توزیع برق برای "عملیات بی‌برق نمودن خط" بار دیگر از روش SHERPA استفاده شد. دلیل مهم استفاده از روش SHERPA، ابتدا نگرانی برای اعتبارسنجی روش TAFEI در به‌کارگیری رویه‌ها و دستورالعمل‌ها به جای تعامل انسان با دستگاه بود. از این گذشته، دلیل دوم وجود جدول مربوط به انواع خطاهای انسانی در روش (۵ حیطه خطای عملکردی، بازیابی، ارتباطی و انتخاب) بود که می‌توانست دلیل خوبی برای اعتماد به سیستم از طریق کاهش خطای انسانی باشد [۲۷،۲۸].

فرآیند SHERPA دارای ۷ گام اساسی است که به شرح ذیل

می‌باشد [۲۷،۲۹،۳۰].

یافته‌ها

یافته‌های بدست آمده از تجزیه و تحلیل وظیفه شغلی با روش HTA آنالیز سلسله مراتبی وظیفه (HTA) از وظایف روزانه اپراتور انجام گرفت و وظیفه انتخاب شده برای تجزیه و تحلیل، بر اساس مصاحبه با تکنسین‌ها و اپراتورهای اتاق کنترل، عملیات بی‌برق نمودن خط (بدلیل حساست بالا) هدف مورد مطالعه انتخاب گردید (شکل شماره ۲)، به گونه‌ای که در صورت بروز خطا و یا عدم موفقیت در طی کار، کلیه تجهیزات و افراد تحت تأثیر قرار می‌گیرند.

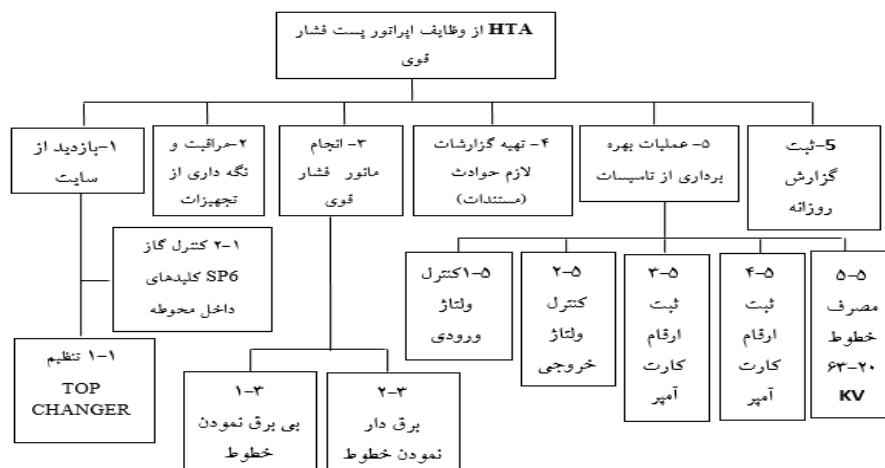
عملکردی، خطای بازیابی، خطای بازدید، خطای انتخاب، خطای ارتباطی) بررسی می‌شود.

گام چهارم؛ تجزیه و تحلیل نتایج: مطالعه و بررسی نتایج هر خطا.

گام پنجم؛ تجزیه و تحلیل بازیابی (Recovery Analysis): روش‌های جلوگیری از بروز خطا بیان می‌شود.

گام ششم؛ آنالیز رسیک خطا: در این مرحله احتمال رخداد یک خطا با توجه به ماتریس ارزیابی سطح رسیک تعیین می‌شود [۲۶].

گام هفتم؛ راه کارهای اصلاحی (Remedy Analysis): مرحله نهایی در پروسه، مطرح کردن استراتژی‌های کاهش خطا است.

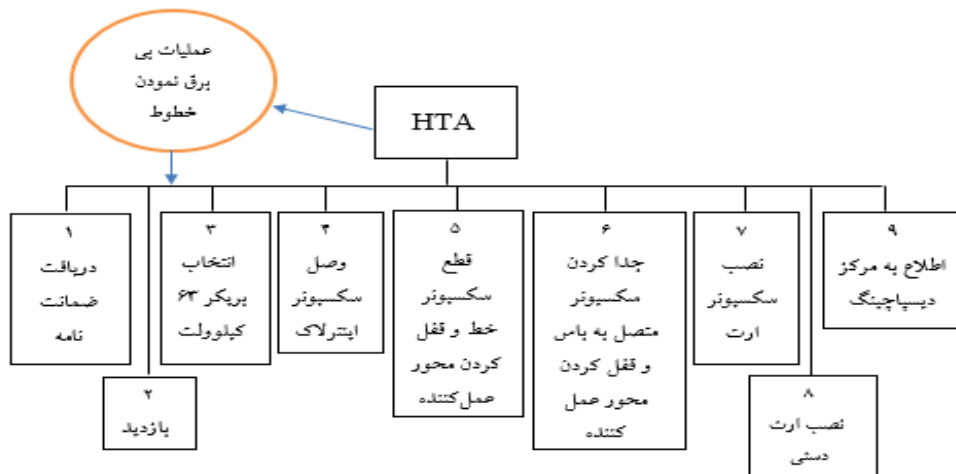


شکل ۲- تجزیه تحلیل وظایف روزانه اپراتور پست برق

Figure 2- Analysis of daily tasks of the power post operator

از HTA ایجاد شده در شکل شماره ۳، SSD مربوط به عملیات بی‌برق نمودن خطوط در شکل شماره ۴ ترسیم گردید. ماتریس انتقال، ۱۱ حالت شناسایی شده عملیات بی‌برق نمودن خط را در زمان‌های مختلف در حین اجرای کار نشان داد. همان‌طور که بحث تجزیه تحلیل ماتریس انتقال در جدول ۱ نشان می‌دهد هر انتقال به تفکیک احتمال خطا مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌های بدست آمده از تجزیه و تحلیل روش TAFEI شکل شماره ۳، نمودارهای HTA را برای عملیات بی‌برق نمودن خطوط ارائه می‌دهد. همان‌طور که در شکل شماره ۳ مشاهده می‌شود، در "عملیات بی‌برق نمودن خط" هر یک از این زیروظایف دارای اهداف عملیاتی مشخصی است که برای دستیابی به اهداف بالاتر، توالی وظیفه از اهمیت بالایی برخوردار است.



شکل ۳- شمای کلی از تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی مربوط به عملیات بی برق نمودن خطوط

Figure 3- Outline of a Hierarchical Task Analysis of line deactivation operations



شکل ۴- توصیف دیاگرام فضا - وضعیت برای عملیات بی برق نمودن خطوط برق فشار قوی

Figure 4- Description of space-status diagram for the operation of Powerless high voltage power lines

به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین لازم است مراحل که حالت انتقال غیرقانونی وجود دارد، مورد توجه بیشتر قرار گیرند تا از این خطاها جلوگیری شود.

تجزیه و تحلیل خطاهای انسانی در عملیات بی برق نمودن خط نشان داد که تعداد کل انتقال‌های شناسایی شده در وظیفه شغلی مورد نظر، ۱۲۱ مورد که ۳۲ مورد انتقال قانونی و ۶۰ مورد حالت انتقال‌های غیرممکن و ۲۹ حالت انتقال غیرقانونی وجود دارد و این بدان معنی است که احتمال ۲۹ خطای انسانی در عملیات بی برق نمودن خط وجود دارد. همان‌گونه که جدول شماره ۱ نشان می‌دهد، خطاها از مرحله ۳ تا ۹ ممکن است به اپراتور آسیب جدی برساند. از طرفی، خطاهای مراحل ۳ تا ۶ هم امکان آسیب به تجهیزات و هم اپراتور را دارند و همچنین در بین مراحل وظیفه شغلی مورد نظر، مرحله ۸ بیشترین حالت انتقال غیر قانونی و مرحله ۵ و ۶ کمترین حالت انتقال غیر قانونی را

جدول ۱- ماتریس انتقال در روش TAFEI برای توالی ۹ مرحله‌ای عملیات قطع برق خطوط فشار قوی

Table 1- Transition matrix in the TAFEI Method

مراحل	۰	۱	A۲	B۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۰	-	L*	L	L	I	I	-	-	-	I	-
۱	-	-	L	L	L	I	-	-	-	I	-
A۲	L	L	-	L	L	I	-	-	-	I	-
B۲	L	L	L	-	L	I	-	-	-	I	-
۳	I	I	L	L	-	L	-	-	-	I	-
۴	I	I	-	-	-	-	L	L	I	I	-
۵	-	-	-	-	-	-	-	L	L	I	-
۶	-	-	-	-	-	-	-	-	L	L	I
۷	I	-	-	-	I	-	I	I	-	L	L
۸	I	I	-	-	I	-	I	I	-	L	L
۹	-	-	L	L	-	L	I	I	-	L	-

(L) =Legal: desirable and appropriate; (I) =Illegal: undesirable and inappropriate;
(-) =Impossible: cannot happen

و غیره باشد و کمترین درصد خطاها از نوع انتخابی بودند که این خطاها ممکن است شامل انتخاب اشتباه کلید یا سکسیونرها باشد که در بحث به آن‌ها پرداخته می‌شود. با توجه به نتایج ارزیابی ریسک انجام شده، ۳/۳۳٪ خطاها در سطح ریسک غیرقابل قبول، ۴/۴۴٪ خطاها در سطح نامطلوب و ۲۲٪ خطاها در سطح قابل قبول ولی نیاز به تجدید نظر قرار دارند. در نتیجه بیشترین خطاها در سطح نامطلوب و کمترین خطاها در سطح قابل قبول ولی نیاز به تجدید نظر هستند (جدول شماره ۲).

یافته‌های بدست آمده از تجزیه و تحلیل روش SHERPA

در واحد پست برق، در مورد یکی از وظایف اضطراری اپراتور (بی‌برق کردن خطوط)، پس از انجام گام‌های اساسی جهت تکمیل کاربرد SHERPA جدول مربوطه تکمیل و در جدول شماره ۲ ارائه گردید. برگه کار SHERPA حاوی اطلاعاتی در خصوص وظایف شغلی و خطاهای تقسیم بندی شده با هر وظیفه می‌باشد که نوع و توصیف هر کدام از خطاها در ستون سوم و چهارم و پیامدهای ناشی از خطاها و راه‌کارهای کنترلی براساس مصاحبه و صورت‌جلسات حوادث گذشته، در ستون پنجم و ششم ارائه گردیده است. پس از تکمیل کاربرد SHERPA، از یک وظیفه (قطع برق خطوط فشار قوی)، تعداد ۱۱ زیر وظیفه و ۲۵ نوع خطا مربوط به فعالیت‌های اپراتور شناسایی گردید که ۶۴٪ خطاها از نوع عملکردی، ۱۶٪ خطاها از نوع ارتباطی، ۸٪ خطاها از نوع بازدید، ۸٪ از نوع بازیابی و ۴٪ خطاها از نوع انتخابی بودند (مطابق با جدول ۲).

در بررسی صورت گرفته، خطای عملکردی با ۶۴٪ بیشترین درصد وقوع را بخود اختصاص داده است. این خطاها می‌تواند شامل عدم دریافت پیام از مرکز دیسپاچینگ، انجام عملیات در مسیر اشتباه، قطع یا وصل بی موقع کلیدهای سکسیونر یا ایترلاک

جدول ۲- کاربرد روش SHERPA

Table 2- SHERPA worksheet

تهیه کننده:		برگه کار SHERPA		نام وظیفه شغلی اصلی: اپراتور پست برق			ردیف
راهکار کنترلی	سطح ریسک	آنالیز بازاریابی	پیامد ناشی از خطا	توصیف خطا	نوع خطا	وظیفه شغلی	
برای اطمینان از دریافت پیام دو نوع وسیله ارتباطی استفاده شود	2C		عدم بی‌برق شدن خطوط، احتمال برق گرفتگی	خطا در دریافت پیام از مرکز دیسپاچینگ خطا در دریافت صحیح پیام اطلاعات غلط بدست آمده	I1 I2 R2	۱	۳-۱ بی‌برق نمودن خطوط
تدوین دستورالعمل کاری و چک لیست مناسب	3D		عدم اطمینان از باردار یا بی‌بار بودن خطوط در نتیجه احتمال باردار نمودن خطوط در حال تعمیرات یا بی بار	بازدید از محل فراموش شود بازدید ناقص انجام شود	C1 C2	۲	
استفاده از چک لیست، استفاده از علائم هشدار دهنده	2B		برق دار ماندن خطوط و احتمال برق گرفتگی	کلید موردنظر را بی موقع قطع نماید فراموشی در قطع کلید موردنظر	A2 A8	۳	
از لیبیل‌ها و برچسب‌ها بر روی کلیدها استفاده گردد. همچنین استفاده از چک لیست برای توالی انجام مراحل	2B		برق دار بودن خطوط	فراموشی در قراردادن کلید در حالت ON چرخش عکس محور انتخاب اشتباه	A8 A3 S2	۴	
تغییر در صدای حالتی که محور در مسیر خود و قفل انجام می‌گیرد و همچنین استفاده از آلارم و چراغ‌هایی برای جا افتادن محور	1E		برق گرفتگی عدم قطع برق	محور در جهت عکس چرخیده شود فراموشی در باز نمودن سکسیونر سکسیونر باز ولی محور قفل نگردد	A3 A8 A9	۵	
تغییر در صدای حالتی که محور در مسیر خود و قفل انجام می‌گیرد و همچنین استفاده از آلارم و چراغ‌هایی برای جا افتادن محور	2D		احتمال برق گرفتگی عدم قطع برق	محور در جهت عکس چرخیده شود فراموشی در باز نمودن سکسیونر سکسیونر باز ولی محور قفل نگردد	A3 A8 A9	۶	
تغییر در صدای محور و استفاده از چک لیست و انجام مانور	1D		بعد از قطع جریان جهت بی بار نمودن خطوط و تخلیه بار خطوط به زمین، فراموشی یا عمل بطور ناقص منجر به برق گرفتگی واحد سیار و تعمیرات	سکسیونر ارت در جهت عکس چرخیده فراموشی در بستن سکسیونر ارت فراموشی در قفل محور	A3 A7 A8	۷	
کنترل و چک نمودن ارت و اطمینان حاصل شدن از نصب صحیح ارت	2B		بعد از قطع جریان احتمال و نصب سکسیونر ارت احتمال بار دار بودن خطوط و منجر به برق گرفتگی	ارت دستی بی موقع نصب شود فراموشی در نصب ارت دستی	A2 A8	۸	
استفاده از وسیله ارتباطی دقیق‌تر و تکرار آن در چند مرحله	1D		عدم اطلاع مرکز دیسپاچینگ منجر به عدم هماهنگی با دیگر شبکه‌های پست برق و احتمال برق گرفتگی برای خود پرسنل واحد پست بعلت عدم اطلاع از باردار بودن خط	خطا در انتقال پیام به مرکز دیسپاچینگ خطا در انتقال صحیح پیام اطلاعات بصورت اشتباه ارائه شود فراموشی در اطلاع به مرکز دیسپاچینگ	I1 I2 R2 A8	۹	

بحث

مطالعه حاضر با هدف بررسی کارایی روش TAFEI بعنوان روشی برای شناسایی و ارزیابی خطای انسانی در اتاق کنترل پست برق، بخصوص برای وظایفی که دارای فاز توالی می‌باشند، صورت گرفت. تکنیک TAFEI با شناسایی حالت‌های انتقال ممکن اما نامطلوب، می‌تواند در شناسایی خطرات از زمان طراحی تا چرخه محصول استفاده شود. برای اولین بار استنسون و باربر از روش TAFEI در خرید بلیط در مترو لندن و برای پایایی و روایی روش از SHERPA استفاده نمودند. در این مطالعه با روش SHERPA ۱۲ نوع خطا از ۱۵ خطا مربوط به خرید بلیط مشاهده گردید که ۹ مورد از آنها قابل مشاهده بود در حالی که روش TAFEI، ۱۰ خطا از ۱۵ خطا را شناسایی کرد که همه آنها قابل مشاهده بودند. آنها گزارش دادند که TAFEI می‌تواند ۶۸٪ از این خطاها را پیش‌بینی کند [۲۱]. در مطالعه حاضر، نتایج نشان داد که بیشتر خطاهای انسانی با استفاده از این تکنیک قابل شناسایی و کنترل است (جدول شماره ۱). در بخش اول مطالعه، روش TAFEI با آنالیز شغل (شکل شماره ۳)، رابطه بین اپراتور و فرآیند را در انجام عملیات قطع برق خطوط به‌طور دقیقتری نسبت به روش SHERPA، به تصویر کشیده است. این روش به‌صورت هدفمند در یک توالی واضح و منطقی فعالیت را تجزیه و تحلیل می‌کند و وظایف را گام به گام و همزمان آنالیز می‌کند. هدف از آنالیز، شناسایی خطاها در فاز قانونی و غیرقانونی می‌باشد. بنابراین، می‌تواند با کمک به شناسایی خطا، خطاها را از سمت غیرقانونی بسمت قانونی سوق دهد. در نتیجه می‌توان، احتمال وجود خطا را در هر قسمت برای هر فعالیت از طریق مجموعه‌ای از نمودارها، تعیین نمود.

بررسی ماتریس انتقال برای بی‌برق نمودن خطوط فشار قوی، نشان داد که ترتیب مراحل از هنگام قطع بریکر (کلید قطع جریان) از اتاق کنترل، تعیین اینترلاک سکسیونرها در حالت ON و OFF، باز کردن سکسیونر سرخط و قفل محور عمل کننده آن، باز کردن سکسیونر متصل به باس و قفل محور عمل کننده آن، بستن سکسیونر ارت و چک هر سه پل و قفل محور عمل کننده آن تا نصب ارت‌های موقت از جمله عواملی هستند که احتمال

وقوع خطای انسانی در آنها وجود دارد. با بررسی‌های انجام شده، استفاده از چک لیست‌های از قبل تهیه شده، انجام مانورهای پی در پی جهت آموزش کافی افراد، آگاهی افراد از عواقب فراموشی یکی از فاکتورها و پیامد ناشی از آن، لزوم توجه به برنامه نوبت کاری و عوامل فیزیکی محیط کار جهت کاهش خستگی اپراتور جهت شناسایی و کاهش خطای انسانی تاثیرگذار است.

نتایج مطالعه در بخش دوم با روش SHERPA نشان داد که از ۲۵ نوع خطا مربوط به فعالیت‌های اپراتور، عمده خطاهای شناسایی شده از نوع خطاهای عملکردی (۶۴٪) بودند. در خصوص تفسیر انواع خطاهای بررسی شده می‌توان اذعان داشت که خطاهای عملکردی جزء شایع‌ترین خطاها نه تنها در حیطه کاری اپراتور پست برق می‌باشد؛ بلکه این مطلب با تحقیق انجام شده در تأسیسات برق شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ با سهم خطای عملکردی (۳۷/۳۹٪) توسط مظلومی و همکاران [۲۷] و در شرکت متانول زاگرس (۴۸/۶۲٪) توسط قاسمی و همکاران [۲۸]، در اتاق کنترل پالایشگاه نفت اصفهان (۶۴/۶۷٪) توسط حبیبی و همکاران [۲۹]، شرکت سیمان اصفهان (۴۹/۶۸٪) توسط بابایی و همکارانش [۲۶] هم‌خوانی دارد. در همین راستا برای کاهش این نوع خطاهای عملکردی، اقدامات اصلاحی برای خطاهایی مانند؛ انجام وظیفه شغلی بطور ناقص مثل بازکردن سکسیونر (کلید قطع ولتاژ) و عدم قفل محور عمل کننده آن، فراموشی در تعیین حالت‌های (ON, OFF) اینترلاک، فراموشی در نصب سیستم ارت، عدم چک کردن قطع برق با فازمتر و اطمینان از صفر بودن بار خط لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد.

با توجه به نتایج حاصله، خطاهای دیگر در رتبه بعدی قرار دارند. خطای مربوط به تبادل اطلاعات در رتبه دوم (۱۶٪) مانند عدم همکاری و هماهنگی با مرکز دیسپاچینگ جهت بی‌برق و یا برق-دار نمودن همزمان خط با پست فشار قوی متقابل و خطای مربوط به بازدید: عدم اطمینان از باردار و بی‌بار بودن خطوط و نهایتاً خطای مربوط به انتخاب گزینه در رتبه آخر (۴٪) با کمترین درصد خطا مانند اشتباه در قطع خطوط دیگر به جای خط مورد نظر می‌باشد که احتمال وقوع هر کدام از این اشتباهات به حدی

پوشش دهد. همچنین، می‌تواند سطح ریسک را (یکی از نقاط ضعف TAFEI) متناسب با خطای شناسایی شده پیشنهاد نماید. لازم به ذکر است که نتایج حاصل از روش SHERPA تا حدود زیادی به دانش فنی و آگاهی تحلیل‌گر از وضعیت سیستم و نحوه کارکرد اپراتور بستگی دارد.

در نهایت، به لطف استفاده از تکنیک SHERPA و TAFEI، امکان شناسایی خطاهای فوق‌الذکر فراهم شد، بنابراین توصیه می‌شود تحلیل‌گر تکنیک‌های مختلف شناسایی خطای انسانی موجود (HEI) را برای یک مطالعه موردی، در نظر بگیرد تا روش مناسب را تحلیل‌گر در جهت برآورده کردن نیازها به کار گیرد. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به محدود بودن مطالعات انجام شده در مورد استفاده از روش TAFEI اشاره نمود که می‌تواند قدرت مقایسه یافته‌های پژوهش را محدود نماید. بنابراین پیشنهاد می‌شود، مطالعات بیشتر در گروه‌های شغلی دیگر و در سایر حیطه‌ها انجام پذیرد و نتایج حاصل از آنها، مقایسه شود. همچنین وجود تازگی پژوهش و عدم وجود مطالعات مشابه در صنعت مذکور و مشکلات هماهنگی و عدم آشنایی پرسنل با موضوع از دیگر محدودیت‌های این مطالعه بود.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران برخود لازم می‌دانند که از همکاری صمیمانه کارشناسان واحد پست برق در حین انجام تحقیق، تقدیر و تشکر نمایند و همچنین از تمام همکاران و داوران محترم که به ارتقای کیفیت این مطالعه کمک کردند، سپاسگزاری می‌شود.

References

- 1- Stanton NA, Baber C. Error by design: methods for predicting device usability. *Design Studies* 2002; 23(4):363-84.
- 2- Mohammadian M, Choobineh A, MostafaviNave A, HashemiNejad N. Human errors identification in operation of meat grinder using TAFEI technique. *Journal of Occupational Health and Epidemiology* 2012; 1(3):171-81.
- 3- Mason S. Understanding human error in mine safety. *Ergonomics* 2010; 53(12):1505-507.

بالاست که در صورت وقوع خطا می‌تواند عواقب فاجعه باری را بدنبال داشته باشد.

با توجه به نتایج ارزیابی ریسک انجام شده، ۳/۳۳٪ خطاها، در مراحل ۳، ۴ و ۸ مربوط به نصب ارت و قرار دادن کلیدها در حالت on/off و فراموشی در قطع کلید در سطح ریسک غیرقابل قبول هستند، به طوری که در تکنیک TAFEI در بین مراحل وظیفه شغلی مورد نظر، مرحله ۸ بیشترین حالت انتقال غیرقانونی را به خود اختصاص داده است. در سال ۲۰۱۹ تحقیقی توسط مانوئل آلجاندر و همکارانش (Manuel Alejandro) از دو روش TAFEI و SHERPA در یک مرکز تعمیر تجهیزات رایانه انجام گرفت و نشان داد که استفاده از دو روش شناسایی خطاهای انسانی (HEI) در این مطالعه موردی خاص در شناسایی خطا می‌تواند مکمل یکدیگر باشند [۳۰]. در همین راستا، نتیجه مطالعه حاکی از آن است که با توجه به متفاوت بودن نوع روش‌ها در صنعت مورد بررسی، هر دو روش، جهت شناسایی خطاهای انسانی در سطح ریسک غیر قابل قبول، مفید هستند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که به‌کارگیری روش TAFEI (با شناسایی بیشتر خطا نسبت به SHERPA) با تمرکز بر روی علل ریشه‌ای و طبقه‌بندی آن‌ها در شناسایی خطاهای انسانی، می‌تواند بعنوان روشی موثر و سودمند جهت مطالعه خطای انسانی در صنایع به‌کار گرفته شود و همچنین روش SHERPA در شناسایی خطاهای انسانی به‌خوبی قابل اجرا بوده و می‌تواند براحتی نقاط ضعف روش TAFEI را

- 4- Rahimi Kamal S, Nasl Saraji J, Mohammad Fam I. Assessment of human error probability index for gas compressor station musters (region 3 of gas transmission operation). *Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research* 2010; 7(4):51-68 (In Persian).
- 5- Lauber Inspection. Occupational accident statistics. Available form <https://bazresikar.mcls.gov.ir/fa/workaccident/statistics>. Accessed Jan. 24, 2020 (In Persian).
- 6- Ghalenoei M, Asilian H, Mortazavi S, Varmazyar S. Human erroranalysis among

- petrochemical plant control room operators with human error assessment and reduction technique. *Iran Occupational Health* 2009; 6(2):38-50 (In Persian).
- 7- Feyer A-M, Williamson AM, Cairns DR. The involvement of human behaviour in occupational accidents: errors in context. *Safety Science* 1997; 25(1-3):55-65.
- 8- Zare A, Yazdani Rad S, Dehghani F, Omidi F, Mohammadfam I. Assessment and analysis of studies related human error in Iran: A systematic review. *Health and Safety at Work* 2017; 7(3):267-78 (In Persian).
- 9- Kirwan B, Kennedy R, Taylor-Adams S, Lambert B. The validation of three Human Reliability Quantification techniques—THERP, HEART and JHEDI: Part II—Results of validation exercise. *Applied Ergonomics* 1997; 28(1):17-25.
- 10- Kirwan B. The validation of three human reliability quantification techniques—THERP, HEART and JHEDI: part iii—Practical aspects of the usage of the techniques. *Applied Ergonomics* 1997; 28(1):27-39.
- 11- Kirwan B. Validation of human reliability assessment techniques: part 1—validation issues. *Safety Science* 1997; 27(1):25-41.
- 12- Kirwan B. Validation of human reliability assessment techniques: Part 2—Validation results. *Safety Science* 1997; 27(1):43-75.
- 13- Shorrock ST, Kirwan B. Development and application of a human error identification tool for air traffic control. *Applied Ergonomics* 2002; 33(4):319-36.
- 14- Harris D, Stanton NA, Marshall A, Young MS, Demagalski J, Salmon P. Using SHERPA to predict design-induced error on the flight deck. *Aerospace Science and Technology* 2005; 9(6):525-32.
- 15- Stanton NA, Young MS, Harvey C. *Guide to Methodology in Ergonomics: Designing for Human Use*. Boca Raton: CRC Press; 2014.
- 16- Burford B, Baber C. A user-centred evaluation of a simulated adaptive autoteller. In: Robertson SA, editors. *Contemporary Ergonomics*. London: Taylor and Francis; 1994. P 430-38.
- 17- Baber C, Stanton NA. Task analysis for error identification: a methodology for designing error-tolerant consumer products. *Ergonomics* 1994; 37(11):1923-41.
- 18- Baber C, Stanton NA. Rewritable routines in human interaction with public technology. *International Journal of Cognitive Ergonomics* 1997; 1(4):237-49.
- 19- Stanton NA, Baber C. Analytical Prototyping of Personal Technologies: Using predictions of time and error to evaluate user interfaces. *Southampton Institutional Repository Interact* 2001; 1:1-8.
- 20- Yamaoka T, Baber C, editors. Three point task analysis and human error estimation. *Proceedings of the Human Interface Symposium 2000 Sep, 2; Tokyo, Japan pp. 395–398*.
- 21- Baber C, Stanton NA. Task analysis for error identification: theory, method and validation. *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 2002; 3(2):212-27.
- 22- Stanton NA, Baber C. Task analysis for error identification. In: Neville Stanton et al, editors. *Handbook of human factors and ergonomics methods*. New York: CRC Press; 2005. P 381-9.
- 23- Stanton N, Salmon PM, Rafferty LA. *Human factors methods: a practical guide for engineering and design*. 2nd ed. Surrey, United Kingdom: Ashgate Publishing; 2013.
- 24- Stanton N, Salmon P, Baber C. *Human factors design & evaluation methods review-Human error identification techniques "SHERPA"* 1st ed. Somerset, United Kingdom: Alvington, BAE System Publishing, 2004; 140-48.
- 25- Iranian Legal Medicine Organization. *Electric shock statistics*. Available from https://lmo.ir/web_directory/54004. Accessed Jan. 24, 2020 (In Persian).
- 26- Stanton NA, Baber C. Validating task analysis for error identification: reliability and validity of a human error prediction technique. *Ergonomics* 2005; 48(9):1097-113.
- 27- 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. *Journal of Health and Safety at Work* 2019; 9(4):363-80 (In Persian).
- 28- Embrey David. Qualitative and quantitative evaluation of human error in risk assessment. In: Carl Sandom, Roger S, Harvey, editors. *Human factors for engineers*. London, United Kingdom: The Institution and Technology Publisher, 2004:151-202.
- 29- Babaei Pouya A, Hazrati S, Mosavianasl Z, Habibi E. Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach: Case Study in Cement Industry Control Room. *Occupational and Environmental Health* 2017; 2(4):272-84 (In Persian).
- 30- Embrey D, editor. *SHERPA: A systematic human error reduction and prediction approach*.

Proceedings of the International Topical Meeting on Advances in Human Factors in Nuclear Power Systems; 1986 Apr. 21-24 American Nuclear Society; La Grange Park, IL: United States of America.

31- Ghasemi M, Nasleseraji J, Hoseinabadi S, Zare M. Application of SHERPA to identify and prevent human errors in control units of petrochemical industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 2013; 19(2):203-209.

32- Habibi E, Gharib S, Mohammadfam I, Rismanchian M. Human error assessment and management among isfahan oil refinery control room operators by SHERPA technique. *Health System Research* 2011; 7(4):1-10 (In Persian).

33- Barajas-Bustillos MA. SHERPA and TAFEI, comparison of two human error identification techniques; a case study. IN: Carlos Espejo G, Martinez E editors. *Ergonomic Occupational Investigations Y Aplicaciones*. Mexico: Instituto de Ingeniería y Tecnología. 2019; 12: P 51-61.