Journal of Ergonomics | ISSN: 1735-1960

Original Research

Evaluation and Analysis of Human Error in the Use of Equipment Using PUEA Technique and Fuzzy Logic

Iraj Mohammadfam[1], Tahereh Eskandari[2], Maryam Farokhzad[2*]

1. Professor, Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2. MSc, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Article Info

Original Article

Received: 2018/09/23
Accepted: 2018/11/26
Published Online 2018/12/25

DOI: 10.30699/jergon.6.3.3

Use your device to scan and read the article online

Corresponding Information

Maryam Farokhzad, MSc, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
Email:

maryamfarokhzad@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives: The main cause of incidents is human error. The occurrence of these errors in the use of medical equipment can result in harm to the patient, the destruction of equipment, the imposition of economic damages, and the deterioration of the credentials of the health sectors. Hence, the identification, evaluation and management of errors in the use of these equipment is very critical. The present study was conducted to reduce the risk of human errors in using a medical device in one of the hospitals in Iran.

Methods: The study subject was a ventilator device, which was selected considering the high usage and the criticality of its use in hospitals. Identification and evaluation of human error were performed using the PUEA technique, as well as quantification of errors, and reduction of uncertainty in estimating the significance of detected human errors using fuzzy logic.

Results: Based on the findings, 33 errors were detected in the use of the ventilator device. The most common types of errors were the type of error in operation. (72.72%). The most important causes of errors were slips and lapses (42.42%). The main primary consequences for the predicted errors were the device not being sterilized and the possibility of transmission of microbes to patients. In 42.42% of the cases, errors were not recoverable. The results of the PUEA technique and fuzzy logic showed that there is no relationship between the type of error, frequency of its occurrence, and the probability of error occurrence.

Conclusion: In human error studies, the combined use of risk identification techniques and a quantitative approach that determines the probability of identified errors can reduce uncertainty in the final results.

Keywords: Human error, PUEA, Fuzzy logic, Ventilator

Copyright © 2018, Journal of Ergonomics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited

How to Cite This Article:

Mohammadfam I, Eskandari T, Farokhzad M. Evaluation and Analysis of Human Error in the Use of Equipment Using PUEA Technique and Fuzzy Logic. J Ergon. 2018; 6 (3):21-32

مجلهٔ ارگونومی ـ ۱۹۶۰-۱۷۳۵ـ سال ۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۷

مقالهٔ پژوهشی

ارزیابی و تحلیل خطاهای انسانی در استفاده از تجهیزات با استفاده از تکنیک PUEA و منطق فازی

ایرج محمدفام[۱]، طاهره اسکندری[۲]، مریم فرخ زاد[۲*]

۱. استاد، قطب علمی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۲. کارشناس‌ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ وصول: ۱۳۹۷/۷/۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۵
انتشار آنلاین: ۱۳۹۷/۱۰/۴

نویسندهٔ‌مسئول:
مریم فرخ زاد
گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

پست الکترونیک:
maryamfarokhzad@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: خطاهای انسانی عامل اصلی حوادث است. بروز این خطاها در استفاده از تجهیزات پزشکی می‌تواند به آسیب دیدن بیمار، از بین رفتن تجهیزات، تحمیل خسارات اقتصادی و خدشه‌دار شدن اعتبار بخش‌های بهداشتی و درمانی منجر شود. ازاین‌رو شناسایی، ارزیابی و مدیریت خطاهای استفاده از این تجهیزات بسیار بحرانی به شمار می‌رود. این مطالعه با هدف کاهش ریسک خطاهای انسانی در استفاده از تجهیزات درمانی در یکی از بیمارستان‌های کشور انجام شد.

روش کار: سیستم مطالعه‌شده دستگاه ونتیلاتور است که با توجه به کاربرد زیاد و بحران‌های احتمالی در استفاده از آن در بیمارستان، برای مطالعه انتخاب شد. شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی با استفاده از تکنیک آنالیز پیش‌بینانهٔ خطا در کاربرد، کمی‌سازی خطاها و کاهش عدم‌قطعیت در برآورد میزان اهمیت خطاهای انسانی شناسایی‌شده با منطق فازی، انجام شد.

یافته‌ها: ۳۳ خطا در استفاده از دستگاه ونتیلاتور شناسایی شد. فراوان‌ترین انواع خطاها از نوع خطا در عمل (۷۲/۷۲٪)، و مهم‌ترین علت خطاها سهو و لغزش (۴۲/۴۲٪) بوده است. اصلی‌ترین پیامدهای اولیه در خطاهای شناسایی‌شده، استریل نبودن دستگاه و امکان انتقال میکروب به بیمار بود. در ۴۲/۴۲ درصد موارد، خطاها فاقد امکان بازیابی بوده است. نتایج حاصل از تکنیک آنالیز پیش‌بینانهٔ خطا در کاربرد و منطق فازی نشان داد بین نوع خطا و فراوانی رخداد آن و احتمال وقوع خطا ارتباطی وجود ندارد.

نتیجه‌گیری: در مطالعات خطاهای انسانی، استفادهٔ تلفیقی از تکنیک‌های شناسایی خطر و یک رویکرد کمی‌ساز که احتمال وقوع خطاهای شناسایی‌شده را تعیین کند، می‌تواند به کاهش عدم قطعیت در نتایج نهایی منجر شود.

واژه‌های کلیدی: خطای انسانی، PUEA، منطق فازی، ونتیلاتور

مقدمه

امروزه در بسیاری از صنایع هسته‌ای، شیمیایی و پزشکی سیستم‌های حساس با تکنولوژی پیشرفته به کار گرفته شده است. از آنجا که این سیستم‌ها در تعامل متقابل با انسان‌ها هستند، پتانسیل وقوع خطرات ناشی از خطاهای انسانی در این فرایندها زیاد است. این امر می‌تواند به بروز مخاطرات شغلی، حوادث و دیگر پیامدهای مربوط به سلامتی منجر شود. بررسی حوادث مهمی که در این زمینه رخ داده است، نشان می‌دهد عامل بروز بیش از ۹۰ درصد این حوادث، خطاهای انسانی است. این موضوع در مراکز و مؤسسات درمانی از جمله بیمارستان‌ها، پرتکرار است و به توجه جدی نیاز دارد [۱،۲].

از آنجا که بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، مکان‌هایی پرتردد است و روزانه تعداد زیادی از بیماران در آنجا تحت پایش و درمان قرار می‌گیرند، خطاهای انسانی و ریسک‌های زیادی در بیمارستان و ادارهٔ آن، مدیریت کارکنان و مراقبت از بیماران رخ می‌دهد. این خطاها می‌تواند به افزایش رنج و ناراحتی، مرگ افراد، افزایش هزینه‌ها، دوباره‌کاری، خدشه‌دارشدن اعتبار و حتی نارضایتی‌های اجتماعی منجر شود. در همین راستا آمارها نشان می‌دهد درصد غیرقابل‌اغماضی از بیماران در مواجهه با سیستم‌های نظام سلامت و به‌ویژه مراکز درمانی دچار عوارض و صدمات ناشی از ارائهٔ خدمات می‌شوند [۳-۵]. همچنین در سال‌های اخیر نتایج مطالعات مختلف نشان داده است سطح ایمنی در مراکز درمانی و بخش‌های بیمارستانی رضایت‌بخش نیست [۶،۷]. انستیتو پزشکی (Institute of Medicine- IOM) در گزارشی در زمینهٔ تحلیل خطاهای انسانی، خطاهای پرسنل کادر درمان را به‌عنوان خطر سلامت عمومی تعریف کرده است. نتایج مطالعات نشان داده است در صنعت بهداشت و درمان حدود ۱۷ درصد از پذیرش‌های بیمارستانی به رویدادی نامطلوب منتهی می‌شوند [۸]. بر اساس مطالعات انجام شده، حدود ۷۰ درصد از خطاهای انسانی در حوزهٔ درمان قابل‌پیشگیری است [۹]. بر اساس تفکر سیستمی یکی از ابعاد اصلی ایجادکنندهٔ خطا در

بخش بهداشت و درمان، به‌کارگیری گستردهٔ انواع تجهیزات و دستگاه‌های پیچیده است [۱۰]. به همین دلیل راهکار اساسی به‌منظور ارتقای ایمنی در حیطهٔ پزشکی و به دنبال آن پیشگیری از بروز خطاهای انسانی، شناسایی، ارزیابی و مدیریت خطاهای حاصل از استفاده از تجهیزات یادشده است [۱۱،۱۲]. در حال حاضر روش‌های متعددی برای شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی معرفی شده‌اند. هریک از روش‌های موجود نقاط ضعف و قوت متفاوتی دارند و انتخاب تکنیک مناسب گام اول و اساسی در مطالعات ارزیابی ریسک‌های حاصل از خطاهای انسانی است [۱۳].

یکی از جدیدترین روش‌های موجود که مختص شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی هنگام استفاده از تجهیزات است، روش تجزیه‌وتحلیل پیش‌بینانهٔ خطا در کاربرد (Predictive Used Error Analysis -PUEA) است. این روش که تلفیقی از سه روش آنالیز خطا در عمل (Action Error Analysis-AEA)، رویکرد سیستماتیک پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی (Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach-SHERPA) و آنالیز پیش‌بینانهٔ خطای انسانی (Predictive Human Error Analysis-PHEA) به شمار می‌رود، روشی توسعه‌یافته، کامل و روش تحلیلی فعال برای آنالیز خطای کاربرد تجهیزات مخصوصاً تجهیزات پزشکی است که در سال ۲۰۱۵ توسعه داده شده است [۱۴].

اساس کار تکنیک PUEA اغلب طراحی رابط کاربری و ارتباط بین دستگاه و کارکنان است که در کاهش یا حذف خطاهای انسانی بسیار مؤثر خواهد بود [۱۴]. از آنجا که تکنیک PUEA ماهیتی کیفی به‌منظور ارزیابی و تحلیل خطاهای انسانی است، پیدا کردن روشی برای کمی‌سازی و همچنین کاهش عدم قطعیت در برآورد احتمال وقوع خطاهای شناسایی‌شده، بسیار ارزشمند است. در این مطالعه برای دستیابی به هدف یادشده از رویکرد منطق فازی استفاده شد. در مطالعه‌ای که Li Peng-cheng (۲۰۱۰) انجام داد، کاربرد منطق فازی در شناسایی میزان اهمیت ریسک خطاهای انسانی مشخص شد [۱۵].

هدف مطالعهٔ حاضر، شناسایی، ارزیابی و مدیریت خطاهای انسانی در استفاده از دستگاه‌های ونتیلاتور در مراکز درمانی با استفاده از روش PUEA و همچنین کمی‌سازی خطاها و کاهش عدم قطعیت در برآورد میزان اهمیت خطاهای انسانی شناسایی‌شده با استفاده از منطق فازی بود.

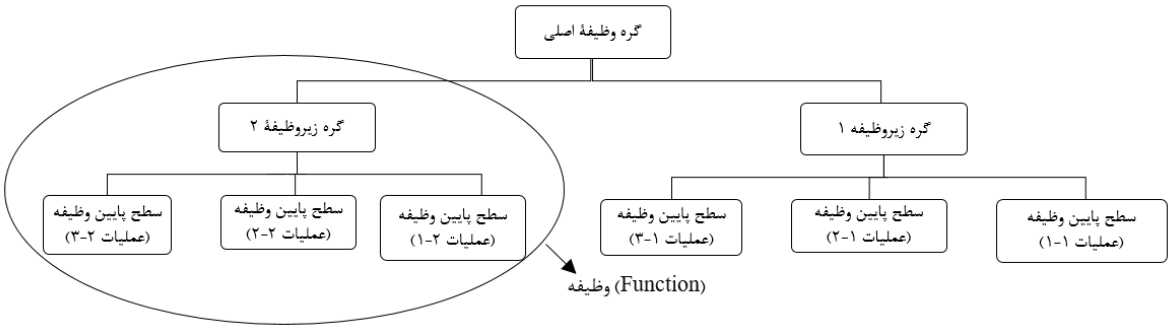
مواد و روش‌ها

مطالعهٔ مقطعی حاضر در یک مرکز درمانی انجام شد. سیستم مورد مطالعه دستگاه ونتیلاتور بود. انتخاب سیستم بر اساس بررسی مستندات مربوط به خطاهای انسانی، شکایات بیماران، مصاحبه با پرستاران و سرپرستاران، دامنه و تکرر کاربرد و اهمیت آن در بیمارستان‌ها صورت گرفت. مراحل انجام مطالعه به شرح زیر بوده است:

۱- اجرای تکنیک PUEA

گام اول: تحلیل سلسله‌مراتبی وظایف مرتبط با ونتیلاتور

در این مرحله دستگاه ونتیلاتور از طریق مشاهدهٔ کارکرد دستگاه از سوی کاربران، مصاحبه با کاربران، مطالعهٔ دستورالعمل‌های مرتبط و فیلم‌های آموزشی بررسی شد. سپس، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی کلیهٔ وظایف و زیروظایف مرتبط به کار با دستگاه مشخص شد. در انتهای این گام با توجه به نظر خبرگان (شامل کاربران دستگاه، متخصصان و صاحب‌نظران ایمنی)، وظایف و زیروظایف بحرانی از دیدگاه ایمنی بیمار غربالگری و انتخاب شد. در شکل ۱ ساختار تحلیل سلسله‌مراتبی مورد استفاده در تکنیک PUEA ارائه شده است:



شکل ۱. نحوهٔ تقسیم‌بندی وظایف بر اساس روش HTA و کدبندی عملیات و وظایف

گام دوم: شناسایی خطاهای انسانی مرتبط با دستگاه ونتیلاتور

در مرحلهٔ دوم با استفاده از توانمندی‌های تکنیک PUEA، روندی پرسشی برای شناسایی خطاهای استفاده به کار گرفته شد. پرسش‌ها به دو سطح تقسیم می‌شدند: سطح یک، پرسش‌های مربوط به کارکرد (Function) و سطح دو، پرسش‌های مربوط به عملیات (Operation).

در این تکنیک پرسش‌های سطح یک شامل این موارد است:

۱. گر کاربر یکی از عملیات را حذف کرده یا ناقص انجام دهد، چه اتفاقی خواهد افتاد؟

۲. اگر کاربر خطایی در ترتیب و توالی هر عملیات انجام دهد، چه اتفاقی خواهد افتاد؟

۳. اگر کاربر هر عملیات/ وظیفه را به درستی اما در

زمانی اشتباه انجام دهد، چه اتفاقی خواهد افتاد ؟

پرسش‌های سطح دو نیز عبارت است از:

۱. چه کارهایی از کاربر می‌تواند باعث اشتباه در هر عملیات شود؟

۲. اگر کاربر هر عملیات را در زمان اشتباه انجام دهد، چه اتفاقی خواهد افتاد ؟

برای رسیدن به نتایج دقیق و تشخیص مناسب و برای هر یک از عملیات و کارکردهای مشخص‌شده، به این پرسش‌ها پاسخ داده شد.

گام سوم: تقسیم‌بندی و رتبه‌بندی خطاهای شناسایی‌شده

در این مرحله هریک از خطاهای شناسایی‌شده، براساس ۸ آیتم تکنیک PUEA شامل نوع خطا، علت خطا، پیامد اولیهٔ خطا، پیامد ثانویهٔ خطا، ردیابی خطا، بازیابی خطا، پیشگیری از پیامد خطای استفاده و پیشگیری از خطای استفاده بررسی، و تقسیم‌بندی شد (جدول ۱).

جدول ۱. شرح کد خطا بر اساس نوع خطا

نوع خطا	کدخطا	توصیف خطا
خطای برنامه‌ریزی	P1	پیش‌شرط‌های طرح نادیده گرفته شده است.
	P2	طرح، نادرست اجرا شده است.
	P3	طرح درست، اما اجرا نامناسب است.
	P4	طرح درست است، اما اجرا بیش از حد زود یا دیر انجام می‌شود.
	P5	طرح درست، اما در ترتیب اجرا اشتباه است.
خطا در عمل	A1	عمل خیلی زود یا دیر انجام می‌شود.
	A2	عمل بی‌موقع انجام می‌شود.
	A3	عمل در جهت اشتباه انجام می‌شود.
	A4	عمل کمتر یا بیشتر از حد لازم انجام می‌شود.
	A5	عمل تنظیم اشتباه انجام می‌شود.
	A6	عمل صحیح روی گزینه اشتباه انجام می‌شود.
	A7	عمل اشتباه روی گزینهٔ صحیح انجام می‌شود.
	A8	انجام عمل مدنظر فراموش می‌شود.
	A9	عمل به‌طور ناقص انجام می‌شود
	A10	عمل اشتباه روی گزینهٔ اشتباه انجام می‌شود.
خطای بازبینی	C1	بررسی فراموش می‌شود
	C2	بررسی به‌طور ناقص انجام می‌شود.
	C3	بررسی صحیح روی گزینهٔ اشتباه انجام می‌شود.
	C4	بررسی اشتباه روی گزینهٔ صحیح انجام می‌شود.
	C5	بررسی در زمان نامناسب انجام می‌شود.
	C6	بررسی اشتباه روی گزینهٔ اشتباه انجام می‌شود.
خطای بازیابی	R1	اطلاعات لازم در دسترس نیست.
	R2	اطلاعات به‌صورت اشتباه ارائه می‌شود.
	R3	بازیابی اطلاعات ناقص انجام می‌شود.
خطای ارتباطی	I1	تبادل اطلاعات صورت نمی‌گیرد.
	I2	اطلاعات، اشتباه تبادل می‌شود.
	I3	تبادل اطلاعات به‌طور ناقص انجام می‌شود.
خطای انتخاب	S1	انتخاب حذف می‌شود.
	S2	انتخاب اشتباه انجام می‌شود.

همچنین در این مرحله علت هر خطا شامل سهو (Lapse)، لغزش (Slip)، اشتباه مبتنی بر قاعده، رفتار اشتباه مبتنی بر دانش و تخطی، بر اساس تئوری مدل مهارت، قاعده و دانش راسموسن و سیستم مدل‌سازی خطای عمومی (Generic Error-Modeling System-GEMS) مشخص شد. سپس با تعیین پیامد اولیه و مستقیم هر خطا، پیامد ثانویهٔ آنها نیز بر اساس جدول ۲ مشخص شد:

جدول ۲. رتبه‌بندی پیامد ثانویه

رتبه	عنوان	توضیح
۱	فاجعه‌بار	مرگ، آسیب دائم به بافت‌های بدن و تجهیز
۲	شدید	اختلال و آسیب جدی به بافت‌های بدن و تجهیز
۳	متوسط	جراحت‌های شدید نیازمند درمان پزشکی و آسیب به تجهیز
۴	کوچک	جراحت‌های برگشت‌پذیر و آسیب جزئی در تجهیز

پس از تعیین نحوهٔ ردیابی خطا بر اساس راهنمای ارائه‌شده در جدول ۳، امکان وجود بازیابی خطا، پیشگیری از پیامد خطای استفاده و پیشگیری از خطای استفاده برای هریک از خطاهای مشخص‌شده، تعیین شد:

جدول ۳. رتبه‌بندی ردیابی خطا

رتبه	عنوان	توضیح
۱	غیرمحتمل	بسیار سخت شناسایی می‌شود.
۲	دور از ذهن	به‌سختی شناسایی می‌شود.
۳	گاه به گاه	ممکن است شناسایی شود.
۴	منطقی	به احتمال زیاد شناسایی می‌شود.
۵	اغلب	اغلب اوقات قابل‌شناسایی است.

گام چهارم: استفاده از ماتریس‌های اختصاصی تکنیک PUEA

در مرحلهٔ نهایی، تکنیک از ماتریس‌های اختصاصی ارائه‌شده استفاده کرد. هدف این کار نشان دادن روابط متغیرهای مطالعه نظیر رابطهٔ بین پیامد خطا با نوع خطا و ... است.

به‌کارگیری منطق فازی

در این مطالعه از رویکرد منطق فازی برای کمی‌سازی، تعیین میزان اهمیت خطاهای شناسایی‌شده و نهایتاً کاهش عدم قطعیت در نتایج استفاده شد. برآورد احتمال با استفاده از فرمول مرکز گرانیگاه (فرمول ذوزنقه‌ای) و فرمول Onisawa انجام شد. مراحل انجام رویکرد فازی به شرح زیر بوده است:

گام اول: انتخاب خبرگان

در این مطالعه با توجه به توصیهٔ Cooke و همکاران (۲۰۰۸) چهار خبره تعیین شد [۱۶].

گام دوم: وزن‌دهی خبرگان

با توجه به اینکه خبرگان معیارهای مختلفی همچون تجربه، تحصیلات، سن، سمت سازمانی و غیره دارند، یک فاکتور وزنی نسبی براساس این معیارها و مقیاس امتیازدهی لیکرت به‌منظور اعمال در امکان وقوع خطاها تعریف شد. براساس معیارهای جدول ۴، فاکتور وزنی نسبی برای هریک از خبرگان شامل مجموع امتیازات لیکرت کسب‌شده از سوی هر خبره تقسیم بر مجموع امتیازات کسب‌شده از سوی همهٔ خبرگان است [۱۷،۱۸].

جدول ۴. معیارهای چهارگانهٔ وزنی خبرگان

ردیف	معیار وزن خبرگان	رتبه‌بندی معیار	امتیاز
		مدیر، مهندس‌ارشد	۵
		سرپرست واحد	۴
۱	عنوان سازمانی	مهندس	۳
		تکنسین	۲
		اپراتور	۱

ردیف	معیار وزن خبرگان	رتبه‌بندی معیار	امتیاز
۲	میزان تجربهٔ کاری (برحسب سال)	بیش از ۳۰	۵
		۲۰-۳۰	۴
		۱۰-۱۹	۳
		۶-۹	۲
		کمتر از ۶	۱
۳	میزان تحصیلات	دکترا	۵
		کارشناسی‌ارشد	۴
		کارشناسی	۳
		کاردانی	۲
		کمتر از دیپلم	۱
۴	سن (سال)	بیشتر از ۵۰	۴
		۴۰-۵۰	۳
		۳۰-۳۹	۲
		کمتر از ۳۰	۱

برای کمی‌سازی نظر خبرگان دربارهٔ میزان رخداد خطاهای شناسایی‌شده، از ترم‌های زبانی و توابع ذوزنقه‌ای استفاده شد. از هفت ترم زبانی که در جدول ۵ نشان داده شده است، استفاده شد. در نهایت نظرات خبرگان با استفاده از روش Chen و Hwang به‌صورت کمی درآمد [۱۹].

جدول ۵. اصطلاحات کیفی زبانی و اعداد فازی مربوطه

احتمال وقوع برحسب اصلاحات کیفی	اعداد فازی
خیلی کم	(۰ و ۰ و ۰/۱ و ۰/۲)
کم	(۰/۱ و ۰/۲۵ و ۰/۲۵ و ۰/۴)
نسبتاً کم	(۰/۲ و ۰/۳ و ۰/۴ و ۰/۵)
متوسط	(۰/۳ و ۰/۳ و ۰/۵ و ۰/۷)
نسبتاً زیاد	(۰/۵ و ۰/۶ و ۰/۷ و ۰/۸)
زیاد	(۰/۶ و ۰/۷۵ و ۰/۷۵ و ۰/۹)
خیلی زیاد	(۰/۸ و ۰/۹ و ۱ و ۱)

گام سوم: اجماع نظر خبرگان

دراین مرحله نظر متخصصان با استفاده از تئوری اعداد فازی با یکدیگر اجماع شده و با استفاده از رابطهٔ ۱ و بر اساس مطالعهٔ Clemen و Winkler انجام شد [۲۰].

رابطهٔ ۱:
$$M_i = \sum_{i=1}^{m} W_j A_{ij} \ , j = 1,2, \dots, n$$

W_j = وزن خبره j، A_{ji}= ترم زبانی خبره j به رویداد i، j= تعداد خبرگان، M_i= اجماع نظر خبرگان (احتمال فازی شکست رویداد پایه‌ای i)

گام چهارم: دیفازی کردن

در این مرحله، اعداد به دست آمده در بالا که معادل نظر خبرگان بوده و هنوز به‌صورت "امکانی" بوده است، از فرمول مرکز گرانیگاه (ذوزنقه‌ای) یعنی رابطهٔ ۲ دیفازی شد [۲۱].

رابطهٔ ۲:
$$\mathrm{DE} = \frac{1}{3} \times \frac{((a_4+a_3)^2-(a_4\times a_3)+(a_1\times a_2)-(a_1+a_2)^2)}{(a_4+a_3-a_1-a_2)}$$

گام پنجم: تبدیل اعداد امکانی به احتمالی

عدد حاصل از دیفازی کردن هنوز به‌صورت امکانی است،

ازاین‌رو باید عدد به‌دست‌آمدهٔ بالا را از حالت امکانی به احتمالی تبدیل کرد. برای این کار از فرمول‌های Onisawa یعنی روابط ۳ و ۴ استفاده شد [۲۲،۲۳].

رابطهٔ ۳:

$$K = [(\frac{1-FPS}{FPS})]^{\frac{1}{3}} \times 2.301$$

رابطهٔ ۴:

$$PV = \begin{cases} \frac{1}{10^k} & FPS \neq 0 \\ 0 & FPS = 0 \end{cases}$$

یافته‌ها

در جریان بررسی‌ها، ۳۳ خطا که از نظر تأثیر بر سلامت بیمار مهم و حیاتی است، شناسایی و آنالیز شدند [۶]:

جدول ۶. خطاهای شناسایی‌شده و احتمال وقوع آنها در کار با دستگاه ونتیلاتور

ردیف	خطا	نوع خطا	FPS	PV
۱	کاربر چک کردن دستگاه را انجام ندهد.	C1	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۲	کاربر یکی از عملیات‌ها را در چک کردن دستگاه انجام ندهد.	C2	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۳	کاربر اتصال ست به بیمار را قبل از چک کردن دستگاه انجام دهد.	P5	۰/۸۷	۶×۱۰$^{-۲}$
۴	کاربر اتصال دستگاه به برق را در شروع کار انجام ندهد.	A8	۰/۸۷	۶×۱۰$^{-۲}$
۵	کاربر آب موجود در ظرف زیر پورت O2 و Air را قبل از شروع دستگاه تخلیه نکند.	A8	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۶	کاربر ضدعفونی کردن فلوسنسور را ۸ ساعت قبل از شروع به کار انجام ندهد.	A8	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۷	کاربر دستگاه را در فاصلهٔ مناسب از دیوار قرار ندهد.	A5	۰/۸۶	۷۵/۵×۱۰$^{-۲}$
۸	کاربر اتصال ست به بیمار را ناقص انجام دهد.	A9	۰/۷۹	۳۸/۳×۱۰$^{-۲}$
۹	کاربر تیوپ هوای دم را به بیمار متصل نکند.	A8	۰/۸۷	۶×۱۰$^{-۲}$
۱۰	کاربر تیوپ دم را به chamber متصل نکند.	A8	۰/۸۶	۷۵/۵×۱۰$^{-۲}$
۱۱	کاربر heater wire را به ست دم متصل نکند.	A8	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۱۲	کاربر به اشتباه تیوپ بازدم را به جای تیوپ دم به بیمار متصل نماید.	A7	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۱۳	کاربر به نزدیک بودن water trap به سطح زمین توجه نکند.	A8	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۱۴	کاربر وظیفهٔ کالیبراسیون را انجام ندهد.	A8	۰/۸۷	۶×۱۰$^{-۲}$
۱۵	کاربر وظیفهٔ کالیبراسیون را ناقص انجام دهد.	A9	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۱۶	کاربر هنگام لزوم کالیبراسیون، دستگاه را کالیبره نکند (باید ۸ ساعت قبل از استفاده کالیبره شود).	A1	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۱۷	کاربر تنظیمات patient option را انجام ندهد.	A8	۰/۸۶	۷۵/۵×۱۰$^{-۲}$
۱۸	کاربر تنظیمات patient option را ناقص انجام دهد.	A9	۰/۸۶	۷۵/۵×۱۰$^{-۲}$
۱۹	کاربر اطلاعات بیمار جدید یا قبلی را اشتباه وارد کند.	S2	۰/۸۶	۷۵/۵×۱۰$^{-۲}$
۲۰	کاربر اطلاعات بیمار جدید را به جای قبلی وارد نکند.	A8	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۲۱	کاربر Rotator را برای ورود اطلاعات نوزاد در جهت اشتباهی بچرخاند.	A7	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۲۲	کاربر کلید accept را نزند.	A8	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۲۳	کاربر قبل از تنظیم اطلاعات نوزاد کلید accept را بزند.	A7	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۲۴	کاربر تنظیمات Setting را اشتباه انجام دهد.	A7	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۲۵	بین کاربر و پزشک تبادل اطلاعات دربارهٔ وضعیت بیمار صورت نگیرد.	I1	۰/۸	۵۴/۳×۱۰$^{-۲}$
۲۶	کاربر در تب setting مد را متناسب با دستور پزشک انتخاب نکند.	A7	۰/۸۶	۷۵/۵×۱۰$^{-۲}$
۲۷	کاربر بعد از تنظیم تبsetting کلید activate را فشار ندهد.	S1	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۲۸	کاربر منحنی‌های تب main را چک نکند.	S1	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۲۹	کاربر مقدارهای حداقل و حداکثر را در تب alarm متناسب با بیمار تنظیم نکند.	A5	۰/۸۷	۶×۱۰$^{-۲}$
۳۰	کاربر vit lim را با توجه به وزن نوزاد تنظیم نکند.	A5	۰/۸۷	۶×۱۰$^{-۲}$
۳۱	کاربر در قسمت event log آلارم‌های تنظیم‌شده را بررسی نکند.	S1	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۳۲	کاربر در صورت نیاز به اکسیژن بیشتر کلید مربوطه را فشار ندهد.	A4	۰/۹۲	۵۴/۹×۱۰$^{-۲}$
۳۳	کاربر در صورت نیاز به آمبوبگ کلید مربوطه را فشار ندهد.	A4	۰/۸۷	۶×۱۰$^{-۲}$

براساس جدول ۴، ۷۲/۷۲٪ خطاهای شناسایی‌شده از نوع خطا در عمل، ۱۲/۱۲٪ خطای انتخاب، ۰۹/۹٪ خطای بازبینی و برنامه‌ریزی و ۰۳/۳٪ خطای ارتباطی بود. مهم‌ترین خطاهای در عمل بر اساس فراوانی شامل فراموش کردن اجرای وظیفه (A8)، اشتباه انجام دادن وظیفه (A7)، اجرای ناقص وظیفه (A9)، تنظیمات اشتباه حین انجام وظیفه (A5)، انجام یک وظیفهٔ بیشتر یا کمتر از حد لازم (A4) و اجرای یک عمل خیلی زودتر یا دیرتر از موقع لزوم (A1) بود.

فراوانی انواع خطاها بر حسب علت خطا، ردیابی خطا، پیامد ثانویه و بازیابی خطا در جدول ۷ نشان داده شده است. نتایج نشان داد مهمترین علل خطاها به‌ترتیب سهو و لغزش (۴۲/۴۲٪)، رفتار اشتباه مبتنی بر دانش (۱۲/۱۲٪) و تخطی (۰۳/۳٪) بوده است. همچنین بر اساس متغیر ردیابی خطاها، فراوان‌ترین خطاها از نوع غیرمحتمل و کمترین آنها از نوع اغلب بود.

پیامدهای اولیه در خطاهای پیش‌بینی‌شده، شامل استریل نبودن دستگاه و امکان انتقال میکروب به بیمار، کارکرد نداشتن دستگاه هنگام قطع جریان برق، تأمین نبودن هوای کافی و مطلوب برای نوزاد، کارکرد نامناسب دستگاه، کالیبراسیون نامناسب، نبود تناسب بین کار دستگاه و نیاز بیمار، تنظیم نادرست دبی، حجم و فشار هوای ورودی، نبود تناسب حالت[1] دستگاه با نوزاد، عدم‌کشف نقص در منحنی‌های دبی، حجم و فشار و تأمین نبودن اکسیژن کافی برای نوزاد بوده است. از نظر پیامدهای ثانویهٔ پیش‌بینی‌شده، بیشترین خطاها به پیامد متوسط و کمترین آنها به پیامد کوچک منتهی می‌شوند.

جدول ۷. فراوانی انواع خطا بر حسب علت خطا، ردیابی خطا، پیامد ثانویه و بازیابی خطا

نوع خطا	تعداد خطا	علت خطا						ردیابی خطا						پیامد ثانویه						بازیابی خطا		
		سهو	لغزش	رفتار اشتباه مبتنی بر قاعده	رفتار اشتباه مبتنی بر دانش	تخطی	غیرمحتمل	دور از ذهن	گاه به گاه	منطقی	اغلب	فاجعه‌بار	شدید	متوسط	کوچک	ناچیز	تعداد
برنامه‌ریزی	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
عملکردی	۲۴	۱۰	۱۲	۰	۲	۰	۱۱	۵	۲	۴	۲	۶	۹	۷	۲	۰	۱۷
بازبینی	۳	۲	۱	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۱	۰	۰	۲	۱	۰	۱
بازیابی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ارتباطی	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
انتخاب	۴	۱	۱	۰	۲	۰	۴	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۱	۱	۰	۱

بررسی‌ها نشان داد در ۴۲/۴۲ درصد موارد، خطاها فاقد امکان بازیابی بوده‌اند. در ونتیلاتورهای بررسی شده، سیستمی جهت پیشگیری از پیامد خطای استفاده وجود نداشت. برای بررسی بیشتر روابط بین متغیرهای مطالعه، بر اساس ساختار تکنیک استفاده‌شده از ماتریس‌های دوبعدی نظیر ماتریس‌های پیامد خطا-نوع خطا، ردیابی خطا- نوع خطا، پیامد خطا- ردیابی خطا، پیامد خطا- علت خطا و علت خطا- نوع خطا استفاده شد. نتایج نشان داد خطاهای از نوع خطا در عمل، بیشترین خطاهای کاربرد بوده است که به پیامد فاجعه‌بار منجر می‌شوند.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تکنیک PUEA، اغلب خطاهای پیش‌بینی‌شده، خطا در عمل بودند. خطای انتخاب و خطای بازبینی نیز از نظر فراوانی در رده‌های بعدی قرار داشتند. در مطالعه‌ای در زمینهٔ شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی، در مشاغل مرتبط با دندانپزشکی، تعداد ۹۰ خطـــا گزارش شده است که از نظر فراوانی به‌ترتیب خطاهای عمل، بازدید، انتخاب، بازیابی و ارتباطی قرار داشت [۲۴]. همچنین در مطالعهٔ Mo-hammadfam و Saeedi که خطاهای انسانی را با استفاده از تکنیک SHERPA در عملیات جراحی کاتاراکت بررسی کرده‌اند، بیشترین خطاهای شناسایی‌شده از نوع خطا در عمل (۵۰/۹۴) بوده و خطاهای بازبینی و انتخاب در رتبهٔ دوم و سوم قرار داشته است [۹]. نتایج مطالعهٔ Mazloumi و همکاران [۲۵] و مطالعهٔ Kermani و همکاران [۲۶] نیز که خطاهای پزشکی را بررسی کرده‌اند، با مطالعهٔ حاضر همسو است.

در این مطالعه سهو و لغزش کاربران، علت اصلی ایجاد خطا محسوب شده است. علت این امر می‌تواند ماهیت کار در بخش‌های مراقبت ویژه و سختی کار، استفاده از واژه‌های مبهم در دستگاه ونتیلاتور و اســـترس باشد. مطالعات نشان می‌دهند سهو و اشتباهات مربوط به تغییر و تحویل شیفت، همچنان منبع اصلی خطاهای پزشکی باقی مانده [۲۵] و سهل‌انگاری در مراقبت‌های پرستاری دلیل ۳۴/۱۴ درصد خطاها بوده است [۲۷].

[1].Mode

بر اساس نتایج بخش زیادی از خطاهای از نوع خطا در عمل، پیامد فاجعه‌بار و شدید دارند. تعداد زیاد خطاهای پیش‌بینی‌شده عملکردی نسبت به دیگر خطاها و از طرفی، توجه به پیامد حاصل از این نوع خطا، اهمیت ایجاد تمهیدات لازم را به‌منظور کاهش احتمال وقوع خطای عملکردی نشان می‌دهد. همچنین میزان خطای ارتباطی پیش‌بینی‌شده کم است اما ردیابی این خطا گاه به گاه و پیامد ثانویهٔ ناشی از آن فاجعه‌بار بوده است و می‌تواند به مرگ بیمار منجر شود. بنابراین، تلاش برای کاهش این نوع خطاها نیز ضروری است. در ارتباط با خطاهای ارتباطی، تشکیل جلسه در شروع شیفت برای در جریان قرار گرفتن موارد مهم و تهیهٔ «دفتر گزارش تغییر و تحول شیفت» می‌تواند شرایطی برای کاهش این نوع خطا فراهم کند. امروزه برای کاهش خطاها روی فرایند انتقال یا تحویل شیفت تمرکز شده است؛ زیرا بررسی‌ها نشان داده است ۷۰٪ تمام خطاهای پزشکی در شیفت‌ها به علت عدم برقراری ارتباط خوب و ۵۰٪ نیز طی تحویل شیفت بوده است [۲۸]. در بررسی ونتیلاتور مدنظر، وقوع خطای بازیابی پیش‌بینی نشده است، که نشان می‌دهد در طراحی این نوع ونتیلاتور امکان دسترسی کارکنان به اطلاعات و ارائهٔ آنها در وضعیت مناسبی قرار دارد.

در پژوهش حاضر، پیامد نبود تبادل مناسب اطلاعات بین پرستار و پزشک فاجعه‌بار بود. یافته‌های تحقیقات نشان می‌دهد با افزایش میزان ارتباط پرستاران و پزشکان، عملکرد پزشکان افزایش می‌یابد [۲۸]. به نظر می‌رسد با آموزش مهارت‌های ارتباطی، این افزایش کارایی در پرستاران نیز صادق خواهد بود و از طرفی به کاهش خطاهای ارتباطی مطرح‌شده نیز منجر خواهد شد.

شناسایی اغلب خطاها (ردیابی خطا)، در ونتیلاتور بررسی‌شده، غیرمحتمل و دور از ذهن بوده است. این عدم‌شناسایی ممکن است به تکرار خطا منجر شود. در بسیاری از مطالعات به تکرارپذیری خطاها اشاره شده است. در بررسی عوامل وقوع خطاهای پزشکی، از میان ۱۹۲۷ خطا، ۱۳۵ مورد تکرارپذیری خیلی زیاد و ۴۰۵ مورد تکرارپذیری زیاد داشتند [۲۹]. تکرارپذیری می‌تواند به دلیل ردیابی خطای نامناسب باشد [۲۹]. به نظر می‌رسد، گزارش خطاهای حرفه‌ای و مطلع کردن سایر پرستاران و کاربران از وقوع خطاهای احتمالی می‌تواند راهکار مناسبی برای کاهش تکرار خطاهای مشابه دیگر پرسنل باشد.

بازیابی خطا از جمله تدابیری است که می‌تواند مانع از این شود که همهٔ خطاها متوجه بیمار شود. در بررسی انجام‌شده، ۵۷/۵۸٪ از خطاها قابل‌بازیابی بودند. در شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی از سوی Mazloumi و همکاران، ۵۸/۶٪ از خطاها از مجموع ۱۲۸ خطا [۲۵]، و در مطالعهٔ دستاران و همکاران، ۶۰٪ خطاهـا [۲۴] قابل‌بازیابی گزارش شده است. ونتیلاتور بررسی‌شده جهت بازیابی خطا در برخی موارد آلارم دارد. گفتنی است، مصاحبه با سرپرستان و مسئولان بخش‌ها نشان داد هرچند آلارم‌های موجود با هدف بازیابی خطا طراحی شده است اما تأثیر بسزایی در کاهش خطای پرستاران ندارد. خستگی، خواب‌آلود بودن پرستاران در شیفت شب، نداشتن تمرکز، بی‌توجهی به علت اعتماد به تجربه‌های شخصی و در نظر نگرفتن تفاوت شرایط بیمار ممکن است از عوامل کاهش توجه به آلارم‌ها و در نتیجه افزایش تعداد خطاها از سوی کاربران باشد که نیازمند برنامه‌ریزی و آموزش مناسب است.

به‌طور کلی استفاده از تکنیک‌های شناسایی خطر به مورد توجه قرار دادن نقاط ضعف و تلاش برای رفع آنها منجر می‌شود. تکنیک PUEA، اگرچه توانایی بالایی در شناسایی و تحلیل خطاها (نوع خطا، پیامد ناشی از وقوع خطا، ردیابی و بازیابی خطا) دارد، اما یکی از محدودیت‌های آن نداشتن توانایی محاسبهٔ احتمال وقوع خطاهای شناسایی‌شده و تعیین میزان اهمیت واقعی آنها است. لذا به همین منظور از منطق فازی استفاده شد. منطق فازی رویکردی دقیق برای ارزیابی شرایط و موقعیت‌های حساس و مبهم است که قدرت خلاقیت و درک انسان را از مفاهیم مبهم شامل می‌شود.

در مطالعهٔ Kiani و همکاران (۱۳۹۲) مطالعهٔ Li Peng-cheng و همکاران (۲۰۱۰)، مطالعهٔ Xinyi Zhou و همکاران (۲۰۱۷) و مطالعهٔ Qingji Zhou و همکاران (۲۰۱۸)، کاربرد منطق فازی به‌منظور تعیین میزان اهمیت و کاهش عدم قطعیت در محاسبهٔ احتمال خطاها، در مطالعات تحلیل و ارزیابی خطاهای انسانی نشان داده شده است [۳۲-۳۰، ۱۵].

با توجه به مطالعات انجام شده، تعیین احتمال خطاهای شناسایی‌شده به کمک اعداد فازی از سوی کارشناسان مختلف در شرایطی ناهمگون متفاوت خواهد بود. در این شرایط صحت انتخاب عدد فازی برای نشان دادن خطای شناسایی‌شده بسیار اساسی است. در نهایت این روش باعث کاهش عدم قطعیت و بهبود قابلیت اطمینان در نتایج می‌شود [۳۳]. منطق فازی به‌جای محدود کردن پارامترهای مسئله به عدد، آنها را به‌صورت اعداد فازی در یک محدوده ارائه می‌کند. بنابراین منطق فازی بیان دقیقی از واقعیت ارائه می‌کند [۳۴،۳۵].

از مقایسهٔ نتایج تکنیک PUEA و منطق فازی می‌توان نتیجه گرفت بین نوع خطا و فراوانی رخداد آن و احتمال وقوع خطا ارتباطی وجود ندارد؛ زیرا نتایج نشان داد اگرچه براساس تکنیک PUEA، خطای بازبینی در رتبهٔ سوم خطاهای شناسایی‌شده از لحاظ فروانی قرار گرفت، اما احتمال وقوع آن براساس منطق فازی جزء خطاهای با بیشترین احتمال وقوع بود. همچنین احتمال وقوع تعدادی از خطاهای در عمل، به‌ویژه خطاهای از نوع ۸٪ (فراموش کردن اجرای وظیفه) که به‌عنوان فراوان‌ترین خطاها در کار با دستگاه ونتیلاتور شناخته شدند، در بالاترین سطح نتایج نبود. بنابراین، توجه به فروانی خطا، نوع خطا و پیامدهای آن بدون در نظر گرفتن احتمال وقوع خطا ممکن است نتایج نادرستی ارائه کند. براساس نتایج این مطالعه، ادغام تکنیک PUEA و منطق فازی می‌تواند نتایج دقیق‌تر و واضح‌تری به‌منظور اخذ اقدامات پیشگیرانه و کنترلی، در اختیار تحلیل‌گران قرار دهد.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت در مطالعات ارزیابی و تحلیل خطاهای انسانی، استفاده از تکنیک‌های شناسایی خطر در کنار رویکردی کمی‌ساز که احتمال وقوع خطاهای شناسایی‌شده را تعیین می‌کند، می‌تواند باعث کاهش عدم قطعیت و افزایش قابلیت اطمینان نتایج نهایی شود.

سپاسگزاری

این پژوهش حاصل طرح تحقیقاتی دانشجویی با شمارهٔ ۹۶۱۰۱۲۶۵۵۸ در دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی همدان است. به این وسیله از مسئولان مرتبط در دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی همدان و پرسنل بیمارستان که ما را در این پژوهش یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

References

1. Hashemi F, Nikbakht Nasrabadi A, Asghari F. The obstacles of reporting nursing errors in Iran: a qualitative study. Iranian Journal of Medical Ethics and History of Medicine. 2011 Apr 15;4(2):53-64.
2. Mohammadfam I, Movafagh M, Soltanian A, Salavati M, Bashirian S. Identification and evaluation of human errors among the nurses of coronary care unit using CREAM techniques. Journal of Ergonomics. 2014;2(1):27-35.
3. Javadi T. Nurses fatigue and nursing errors. In-The 2 nd seminar on Medical errors prevention. Lorestan 2007 (Vol. 15).
4. Rothschild JM, Landrigan CP, Cronin JW, Kaushal R, Lockley SW, Burdick E, et al. The Critical Care Safety Study: The incidence and nature of adverse events and serious medical errors in intensive care. Critical care medicine. 2005 Aug 1;33(8):1694-700. https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000171609.91035.BD PMID:16096443
5. Mohammadfam I, Bashirian S, Bakhshi Z. Evaluation and Management of Human Errors in Critical Processes of Hospital Using the Extended CREAM Technique. Iranian Journal of Health, Safety and Environment. 2017 Jul 25;4(4):851-8.
6. Mohammadfam I, Movafagh M, Soltanian A, Salavati M, Bashirian S. Assessment of human errors in the nursing profession of intensive cardiac care unit using SPAR-H method.
7. Zoladl M, Dehbanizadeh A, Nouhi E. Practice and Procedural Errors and their Management Methods by Nurses. Journal of Payavard Salamat. 2018;12(2):128-37.
8. SHANOOFI M, ZAKERIAN S, NIKOOMARAM H. Human Error Protection Layers Analysis for Nursing in CCU Department with Proactive Approach. 2018.
9. Mohammadfam I, Saeidi C. Evaluating human errors in cataract surgery using the SHERPA technique. Journal of Ergonomics. 2015 Mar 15;2(4):41-7.
10. BORGHEIPOUR H, MOHAMADFAM I, NARENJI MA. Assessing and Comparing Human Errors in Technical operations in Petroleum Wells using Extended CREAM Technique. International Journal of Occupational Hygiene. 2017 Sep 11;9(3):132-41.
11. Norris B. Human factors and safe patient care. Journal of Nursing Management. 2009 Mar;17(2):203-11.https://doi.org/10.1111/j.1365-2834.2009.00975.x PMID:19416423
12. Liljegren E. Increasing the Usability of Medical Technology. Methodological Considerations for Evaluation: Chalmers University of Technology; 2004.
13. Karimi S, Aliabadi MM, Eskandari T, Rostami M, Shendi A, Kolahdouzi M, et al. Evaluation of Human Error in Mining Operations Using a Technique for Human Event Analysis. Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume. 2018 Jan 1;5(1):44-52.
14. Bligård LO, Osvalder AL. Predictive use error analysis–Development of AEA, SHERPA and PHEA to better predict, identify and present use errors. International Journal of Industrial Ergonomics. 2014 Jan 1;44(1):153-70. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2013.11.006
15. Li PC, Chen GH, Dai LC, Li Z. Fuzzy logic-based approach for identifying the risk importance of human error. Safety science. 2010 Aug 1;48(7):902-13. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.03.012

16. Cooke RM, ElSaadany S, Huang X. On the performance of social network and likelihood-based expert weighting schemes. Reliability Engineering & System Safety. 2008 May 1;93(5):745-56. https://doi.org/10.1016/j.ress.2007.03.017

17. Rajakarunakaran S, Kumar AM, Prabhu VA. Applications of fuzzy faulty tree analysis and expert elicitation for evaluation of risks in LPG refuelling station. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2015 Jan 1;33:109-23. https://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.11.016

18. Renjith VR, Madhu G, Nayagam VL, Bhasi AB. Two-dimensional fuzzy fault tree analysis for chlorine release from a chlor-alkali industry using expert elicitation. Journal of hazardous materials. 2010 Nov 15;183(1-3):103-10.https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.06.116

19. Chen SJ, Hwang CL. Fuzzy multiple attribute decision making methods. InFuzzy multiple attribute decision making 1992 (pp. 289-486). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-46768-4_5

20. Clemen RT, Winkler RL. Combining probability distributions from experts in risk analysis. Risk analysis. 1999 Apr 1;19(2):187-203. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1999.tb00399.x

21. Hauge S, Lundteigen MA, Hokstad P, Håbrekke S. Reliability prediction method for safety instrumented systems–pds method handbook, 2010 edition. SINTEF report STF50 A. 2010;6031.

22. Lavasani SM, Yang Z, Finlay J, Wang J. Fuzzy risk assessment of oil and gas offshore wells. Process Safety and Environmental Protection. 2011 Sep 1;89(5):277-94. https://doi.org/10.1016/j.psep.2011.06.006

23. Onisawa T. An approach to human reliability in man-machine systems using error possibility. Fuzzy sets and Systems. 1988 Aug 1;27(2):87-103. https://doi.org/10.1016/0165-0114(88)90140-6

24. Dastaran S, Hasheminejad N, Shahrvan A, Banshi MR, Faghihi Zarandi A. Identifiation and Assessment of Human Errors in Postgraduate Endodontic Students of Kerman University of Medical Sciences by Using the SHERPA Method. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2016;2(4):44-51. https://doi.org/10.21859/johe-02046

25. Mazloumi A, Kermani A, NaslSeraji J, GhasemZadeh F. Identification and evaluation of human errors of physicians at emergency ward of an educational hospital in Semnan city using SHERPA technique. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2013;5(3):67-78.

26. Kermani A, Mazloumi A, NaslSeraji J, GhasemZadeh F. Identification and evaluation of human errors using SHERPA technique among nurses at emergency ward of an educational hospital in Semnan city, Iran. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2013;4(4):29-43.

27. Darabi F, Amolayi K, Esarazadegan M, Seifi F, Razelansari H, Darestani K, et al. Frequency of nursing and midwifery errors in reference files to Imam Reza Ali Kermanshah Hospital. Journal of Kermanshah University of Medical Sciences. 2009;13(3):1380-85.

28. Peters GA, Peters BJ. Medical error and patient safety: Human factors in medicine. CRC Press; 2007 Nov 1.

29. Malekzadeh R, Araghian Mojarrad F, Amirkhanlu A, Sarafraz S, Abedini E. Incidence of Medical Errors in Voluntary Reporting System in Hospitals of Mazandaran University of Medical Sciences. Manage Strat Health. Syst 2016; 1(1): 61-69.

30. Kiani M, Mohammadfam I, Allahviranloo, T. Identification and evaluation of performance indicators affecting human error, based on fuzzy logic (an operation center of Gas transmission company). Occupational Medicine Quarterly Journal. 2013: 5(4): 60-67.

31. Zhou Q, Wong YD, Loh HS, Yuen KF. A fuzzy and Bayesian network CREAM model for human reliability analysis–The case of tanker shipping. Safety science. 2018 Jun 30;105:149-57.https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.02.011

32. Zhou X, Deng X, Deng Y, Mahadevan S. Dependence assessment in human reliability analysis based on D numbers and AHP. Nuclear Engineering and Design. 2017 Mar 1;313:243-52. https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2016.12.001

33. Tyagi SK, Pandey D, Tyagi R. Fuzzy set theoretic approach to fault tree analysis. International Journal of Engineering, Science and Technology. 2010;2(5):276-83.https://doi.org/10.4314/ijest.v2i5.60165

34. Vinnem JE, Bye R, Gran BA, Kongsvik T, Nyheim OM, Okstad EH, et al. Risk modelling of maintenance work on major process equipment on offshore petroleum installations. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2012 Mar 1;25(2):274-92. https://doi.org/10.1016/j.jlp.2011.11.001

35. Zhang L, Wu X, Qin Y, Skibniewski MJ, Liu W. Towards a Fuzzy Bayesian Network Based Approach for Safety Risk Analysis of Tunnel-Induced Pipeline Damage. Risk Analysis. 2016 Feb;36(2):278-301.https://doi.org/10.1111/risa.12448