Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.7, No.4, Winter 2020

Original Article

An Application of Cognitive Reliability Error Analysis Method for Identification and Evaluation of Human Errors of Control Room Operators in a Cement Manufacturing Company

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

1. Occupational health and safety at work Engineering Group, School of Public Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran.
2. Social Determinants of Health Research Center, Occupational Medicine Center, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran.
***Corresponding author:** Ghahramani@umsu.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: Human errors and consequently the occurrence of adverse accidents in industries is a possible mishap. The control room is the main center of an industrial system, and any errors during the tasks of the operators can have adverse consequences with irreparable damage. Therefore, this study was conducted to identify and evaluate the human error in the control room of one of a cement manufacturing companies using a cognitive reliability error analysis method to improve the safety status as a necessity.

Methods and Materials: This is a qualitative and cross-sectional study that was conducted using the cognitive reliability error analysis method in a control room of a cement manufacturing industry. After analyzing the tasks using hierarchical task analysis, the method worksheets were completed through observation; interviews with the operators, the production manager and shift engineer, and analyzing the related documents of the company. Then, user probabilistic controls and cognitive probability errors were determined using the basic and extended cognitive reliability error analysis method for various tasks.

Results: In this study, 7 tasks of control room operators were analyzed using hierarchical task analysis. The findings of the basic method indicated that the type of control style for tasks of action, control room operator, and shift engineer was opportunistic control and the task of the production manager was tactical control. Based on the results of the extended method, execution error (42.74%), interpretation error (23%), planning error (20.61%), and observation error (13.74%) were obtained from the total number of detected errors.

Conclusion: The positive features of the studied method for maximizing the likelihood of human performance along with the likelihood of recovery of human errors along with minimizing the risk of human error were quite evident in this study. Hence this method is recommended for the determination of the probability of cognitive errors in the control room of other industries.

Keywords: Human error, Cognitive reliability, Control room, Cement industry

How to cite this article: Ghahramani A, Adibhesami A, Mohebbi I. An Application of Cognitive Reliability Error Analysis Method for Identification and Evaluation of Human Errors of Control Room Operators in Cement Manufacturing Company. J Saf Promot Inj Prev. 2020; 7(4):183-91.

مقاله پژوهشی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره۷. شماره ۴. زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۱۸۳ تا ۱۹۱

استفاده از روش واکاوی خطای قابلیت اطمینان شناختی برای شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل در یک شرکت تولید سیمان

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

۱. گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران.
۲. مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: وقوع خطاهای انسانی و به‌تبع آن‌ها بروز حوادث ناگوار در صنایع امری انکارناپذیر است. اتاق کنترل به‌عنوان مرکز اصلی یک سیستم صنعتی است و هرگونه خطا در حین انجام وظایف اپراتورهای اتاق کنترل می‌تواند پیامدهای ناگوار و خسارات جبران‌ناپذیری به همراه داشته باشد. لذا این مطالعه به‌منظور شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی در اتاق کنترل یکی از شرکت‌های تولید سیمان با استفاده از روش واکاوی خطای قابلیت اطمینان شناختی انجام شد.

روش بررسی: این پژوهش یک مطالعه کیفی و مقطعی بود که با استفاده از تکنیک روش واکاوی خطای قابلیت اطمینان شناختی در اتاق کنترل یکی از شرکت‌های تولید سیمان انجام گرفت. پس از آنالیز سلسله مراتبی وظایف شغلی، برگه‌های کار روش مورداستفاده از طریق مشاهده اعمال اپراتورهای اتاق کنترل؛ مصاحبه با اپراتورها، مدیر تولید و مهندس شیفت و بررسی مستندات شرکت تکمیل گردید. سپس با استفاده از روش اولیه و گسترده واکاوی خطای قابلیت اطمینان شناختی، کنترل‌های محتمل کاربر و خطاهای احتمالی شناختی برای وظایف مختلف تعیین گردید.

یافته‌ها: در این مطالعه تعداد ۷ وظیفه شغلی اپراتورهای اتاق کنترل با استفاده از روش آنالیز سلسله مراتبی وظایف شغلی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. نتایج روش اولیه واکاوی خطای قابلیت اطمینان شناختی نشان داد که نوع سبک کنترل برای وظایف اقدام، نوبت‌کار اتاق کنترل و مهندس شیفت بهره‌برداری، کنترل لحظه‌ای و برای وظیفه مدیر تولید، نوع سبک کنترل تاکتیکی است. بر اساس نتایج روش گسترده واکاوی خطای قابلیت اطمینان شناختی، از تعداد کل خطاهای شناسایی‌شده، خطای اجرا (۴۲/۷۴٪)، خطای تفسیر (۲۳٪)، خطای برنامه‌ریزی (۲۰/۶۱٪) و خطای مشاهده (۱۳/۷۴٪) به دست آمد.

نتیجه‌گیری: با توجه به ویژگی‌های مثبت تکنیک واکاوی خطای قابلیت اطمینان شناختی شامل به حداکثر رساندن احتمال عملکرد انسانی، به حداقل رساندن احتمال خطای انسانی و به حداکثر رساندن احتمال بهبود و بازیابی خطاهای انسانی می‌توان از آن به‌منظور بررسی و تعیین سبک‌های کنترلی و احتمال کلی خطای شناختی در اتاق کنترل صنایع مختلف استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: خطای انسانی، قابلیت اطمینان شناختی، اتاق کنترل، صنعت سیمان

مقدمه

خطای انسانی یکی از عوامل اصلی در بروز حادثه در سامانه‌های بحرانی است. خطای انسانی در صنایع محسوس نبوده و بازیابی و بهبود آن مستلزم گذشت زمان طولانی است (۱). بر اساس برآورد سازمان بین‌المللی کار سالانه تعداد ۳۲۱ هزار نفر در اثر وقوع حوادث شغلی جان خود را ازدست‌داده و ۳۱۰ میلیون حادثه با صدمات مختلف در دنیا اتفاق می‌افتد (۲). طبق مطالعات گذشته عامل بیش از ۸۰ درصد حوادث در صنایع مختلف اعمال ناایمن کارکنان است (۳-۶). لذا با توجه به نقش زیاد خطای انسانی در وقوع حوادث، موضوع بررسی خطای انسانی در محیط‌های کاری برای ارتقاء ایمنی بسیار حائز اهمیت بوده و با انجام مطالعاتی برای شناسایی و کنترل آن‌ها در صنایع می‌توان از وقوع حوادث پیشگیری کرد.

علاوه بر نقش خطای انسانی در بروز حوادث شغلی، بررسی مستندات موجود درزمینهٔ حوادث بزرگ تاریخی نشان می‌دهد که حوادث تری

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: Ghahramani@umsu.ac.ir

مای آیلند (ایالات‌متحده آمریکا در یک نیروگاه هسته‌ای در سال ۱۹۷۹)، چرنوبیل (روسیه در یک نیروگاه هسته‌ای در سال ۱۹۷۹)، بوپال (هندوستان در یک شرکت تولید آفت‌کش در سال ۱۹۸۴) و پایپر آلفا (انگلستان در یک سکوی نفتی در سال ۱۹۸۸) به‌موجب خطاهای انسانی و نواقص سایر اجزای تشکیل‌دهنده سیستم و اثر متقابل آن‌ها بر روی یکدیگر اتفاق افتاده‌اند (۱، ۷ و ۸). امروزه با رشد چشمگیر فنّاوری، علی‌رغم افزایش خودکارسازی و پیچیدگی سامانه‌ها و کاهش حضور انسان در محیط‌های کاری، نقش نیروی انسانی در عملکرد، قابلیت اطمینان و ایمنی سامانه‌ها افزایش پیداکرده است. رفتار یک اپراتور با یک سیستم پیچیده، پتانسیل بروز خطاهایی را دارد که می‌تواند عملکرد آن را تحت تأثیر قرار دهد (۹)؛ بنابراین با در نظر گرفتن نقش اعمال ناایمن در بروز حوادث شغلی، اهمیت وقوع خطای انسانی و کنترل آن‌ها در محیط‌های کاری ضروری است.

روش‌های متعددی برای شناسایی خطاهای انسانی معرفی‌شده‌اند که برای نمونه می‌توان به مواردی نظیر روش واکاوی خطای قابلیت اطمینان شناختی[۱](CREAM)، SHERPA[۲]، ATHEANA[۳]، HET[۴]، HEART[۵] و HEIST[۶] اشاره نمود. هرکدام از روش‌های موجود دارای نقاط ضعف و قوت متفاوتی هستند و انتخاب تکنیک مناسب گام اساسی در مطالعات ارزیابی ریسک‌های حاصل از خطاهای انسانی است (۱۰). روش CREAM در سال ۱۹۹۸ توسط هولناگل به‌کاربرده شده و توسط افرادی چون لیو و همکاران توسعه پیداکرده است (۱۱ و ۱۲). روش CREAM بر شناسایی زمینه‌های شناختی رفتار انسانی تمرکز دارد. این روش ترکیبی از SHERPA و مدل مهارت، قاعده و دانش (SRK[۷]) و مدل کنترل شناختی است که ازلحاظ نظری بسیار معتبر و بر اساس مدل‌سازی دقیق در چارچوب وظایف محیط کاری ارزیابی می‌گردد. از مهم‌ترین مزایای این روش در مقایسه با دیگر تکنیک‌های ارزیابی خطای انسانی می‌توان به ساختار سیستماتیک آن برای تعریف و کمی سازی خطاهای انسانی هم به‌صورت آینده‌نگر (پیش‌بینی خطاهای انسانی) و هم به‌صورت گذشته‌نگر (تجزیه‌وتحلیل رخدادها)، رویه‌های طبقه‌بندی‌شده، مدل‌های کنترلی شناخت برحسب موقعیت و تعریف علل خطاهای انسانی بر پایه فاکتورهای مرتبط با انسان، فنّاوری و سازمان اشاره کرد. به‌طورکلی سه مزیت اصلی استفاده از تکنیک CREAM شامل به حداکثر رساندن احتمال عملکرد انسانی، به حداقل رساندن احتمال خطای انسانی و به حداکثر رساندن احتمال بهبود اشتباهات انسانی است (۱۱، ۱۳ و ۱۴).

بررسی مطالعات انجام‌شده در کشور ما درزمینهٔ شناسایی و ارزیابی خطای انسانی نشان داد که تکنیک CREAM در مطالعه مظلومی و همکاران (۱۵) و کریمی و همکاران (۱۶) در اتاق کنترل شرکت‌های پتروشیمی، جهانی و همکاران (۱۷) در اتاق کنترل مجتمع پلیمر آریاساسول و نجفی و ارقامی (۱۸) برای شناسایی خطای راننده اتومبیل مورداستفاده قرار گفته است. تنها در مطالعه بابایی پویا و حبیبی (۱۹) از روش مذکور برای شناسایی خطاهای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل یک شرکت تولید سیمان استفاده‌شده بود. ازاین‌رو تعداد مطالعات اندکی با استفاده از روش CREAM برای شناسایی و ارزیابی خطای انسانی به‌ویژه در شرکت‌های تولید سیمان انجام‌شده است و بیشتر مطالعات از روش اولیه CREAM استفاده کرده‌اند.

امروزه سیمان یکی از عوامل تأثیرگذار در توسعه اقتصادی کشورها، ایجاد زیربناهای توسعه‌ای شامل ساخت‌وساز فعالیت‌های عمرانی است؛ بنابراین می‌توان از سیمان به‌عنوان یکی از کالاهای استراتژیک در ایجاد زیرساخت‌های توسعه یک کشور نام برد (۲۰). در صنایع تولید سیمان وظیفه حساس کنترل فرآیند به‌طور مستمر توسط اپراتورهای اتاق کنترل انجام می‌شود، همچنین با توجه به محدودیت مطالعات درزمینهٔ شناسایی و پیش‌بینی خطاهای محتمل در سیستم کنترل فعالیت‌های اپراتورهای اتاق کنترل در صنعت تولید سیمان، مطالعه حاضر باهدف شناسایی و ارزیابی خطای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل یک شرکت تولید سیمان با استفاده از تکنیک CREAM انجام شد.

مواد و روش‌ها

ین مطالعه موردی بر روی کارکنان اتاق کنترل یک شرکت تولید سیمان انجام گرفت. شرکت موردمطالعه در سال ۱۳۸۹ راه‌اندازی شده و در حال حاضر با تعداد ۳۰۷ نفر کارگر محصولات سیمان تیپ ۱، تیپ ۲ و سیمان پوزلانی را تولید می‌کند. بامطالعه فرآیند و عملکرد کلی خط تولید سیمان در این شرکت و پس از بازدید از اتاق کنترل، مصاحبه با اپراتورهای اتاق کنترل، مدیر تولید، ارشد شیفت، واحد اتوماسیون اتاق کنترل و تجزیه‌وتحلیل مستندات به‌دست‌آمده، وظایف اقدام، نوبت‌کار اتاق کنترل، مهندس شیفت بهره‌برداری (سرپرست نوبت‌کار اتاق کنترل) و مدیر تولید به دلیل درگیری بیشتر و نیز به دلیل استرس، فشار کاری بیشتر و پیچیدگی وظیفه در کنترل فرآیند تولید سیمان، جهت تجزیه‌وتحلیل و مطالعه خطای انسانی با استفاده از روش CREAM انتخاب گردید.

برای انجام تجزیه‌وتحلیل خطا با استفاده از روش CREAM ابتدا با

۱. Cognitive Reliability Error Analysis Method
۲. Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach
۳. A Technique For Human Error Analysis
۴. Human Error Template
۵. Human Error Assessment and Reduction Technique
۶. Human Error Assessment in System Tool
۷. Skill, Rule, Knowledge

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

استفاده از روش آنالیز سلسله مراتبی وظایف (HTA[۸]) شغل موردنظر به جزئیات و مراحل لازم برای انجام آن فعالیت تجزیه شد (۲۰ ۲۱). سپس برای انجام تجزیه‌وتحلیل خطا با استفاده از روش اولیه CREAM، شرایط اثرگذار بر عملکرد اپراتور (CPCs[۹]) ارزیابی شد. بطوریکه ویژگی‌های کلی هر وظیفه و شرایط کاری اثرگذار بر عملکرد اپراتور که شامل توانمندی سازمان، شرایط کار، متناسب بودن سامانه‌های انسان ماشین و حمایت‌های عملیاتی مؤثر، قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها، انجام دو یا چند کار به‌طور همزمان، زمان در دسترس برای انجام کار، زمان انجام کار (ریتم سیرکادین)، کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری و نحوه همکاری و تعامل بین همکاران مورد ارزیابی قرارگرفته و شرایطی را که باعث بهبود و یا کاهش عملکرد و یا بی‌تأثیر در عملکرد بودند تعیین و تعداد کل آن‌ها برای هر وظیفه محاسبه شد. سپس برای تعیین کنترل‌های محتمل کاربر در شرایط مذکور و تعیین احتمال خطای کلی (CFPt[۱۰])، تعداد کل فعالیت‌هایی که باعث بهبود عملکرد می‌شدند از تعداد کل فعالیت‌هایی که باعث کاهش عملکرد می‌شدند کسر شده ($\beta = \Sigma R - \Sigma I$) و از عدد به‌دست‌آمده برای تعیین کنترل‌های محتمل اپراتور در شرایط مذکور و از فرمول $CFPt = ۰.۰۰۵۶ \times 10^{0.25\beta}$ برای تعیین احتمال خطای کلی استفاده شد (۱۱ و ۲۲).

درروش CREAM از یک مدل کنترل شناختی برحسب موقعیت[۱۱] (COCOM) استفاده می‌شود. این مدل بر چگونگی انتخاب و فرض فعالیت‌ها، درجه‌ای از کنترل که یک اپراتور برای فائق آمدن بر فعالیت انجام می‌دهد و همچنین درجه‌ای از کنترل یک اپراتور که قابلیت عملکردی او را تخمین می‌زند متمرکز است. در این مدل ۴ نوع سبک کنترلی به ترتیب اولویت شامل کنترل اتفاقی[۱۲]، کنترل لحظه‌ای[۱۳]، کنترل تاکتیکی[۱۴] و کنترل استراتژیک[۱۵] می‌باشد بطوریکه هر چه سطح کنترلی افزایش یابد (به سمت کنترل استراتژیک) قابلیت عملکردی نیز افزایش پیدا می‌کند (۱۱).

برای انجام تجزیه‌وتحلیل خطا با استفاده از روش گسترده CREAM، ابتدا نیازهای شناختی متناسب با هر یک از زیر وظیفه‌های شناسایی‌شده که در طبقه‌بندی روش شامل هماهنگی، ارتباط، تشخیص و ... است به‌منظور تعیین خصوصیات شناختی و احتمال خطای شناختی موردنیاز برای هر یک از وظایف شغلی تعیین شد. بعد از تعیین نیازهای شناختی متناسب با هر یک از وظایف شغلی، خطاهای شناختی احتمالی برای هر یک از وظایف شغلی در چهار دسته مشاهده، تفسیر، برنامه‌ریزی و اجرا و نمرات مربوط به هرکدام تعیین می‌شود. به‌منظور برآورد کمی احتمال خطای شناختی (CFPi[۱۶])، با توجه به امتیازات به‌دست‌آمده از مراحل قبل و با استفاده از فرمول زیر احتمال خطای شناختی برای هر یک از زیر وظیفه‌ها تعیین گردید (۱۱ و ۲۲).

$$CFPi = CFP. \times 10^{0.25P\Pi}, \ P\Pi = \sum_{=9}^{9} Pi$$

Pi برابر است با نمرات مربوط به هر یک از فاکتورهای $CPCi$

$i = ۱-۹$ تعداد فاکتورهای CPCs

$P\Pi$ برابر با مجموع نمرات CPCi

یافته‌ها

بعد از آشنایی با فرایند تولید سیمان و نحوه کنترل آن، مشاغل بحرانی ازنظر خطای انسانی مشخص شدند. سپس HTA و نمودارهای آنالیز شغلی وظایف مربوط به سه بخش کنترلی واحد آسیاب مواد، واحد کوره، واحد آسیاب سیمان، همچنین وظایف مربوط به اپراتورهای اتاق کنترل، اقدام، مهندس شیفت بهره‌برداری و مدیر تولید و زیر وظایف مربوطه ترسیم گردید. در شکل ۱ قسمتی از HTA وظیفه اقدام آورده شده است.

پس از تجزیه‌وتحلیل وظایف شغلی و با توجه به معیارهای مشاهده‌شده در فرآیند، مصاحبه با اپراتورها، سرپرست‌ها و رئیس واحد و مطالعه و بررسی دستورالعمل‌های کاری، به هر یک از شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد یک توصیف گر اختصاص داده شد. به‌عنوان‌مثال برای وظیفه اقدام توصیف گر کارآمد در نظر گرفته شد که بر روی عملکرد سازمان بی‌تأثیر بود. مطابق با توصیف گرهای اختصاص داده‌شده اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد مشخص گردید. از میان ۹ شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد، مقدار ۸ درصد باعث بهبود عملکرد، ۲۵ درصد باعث کاهش عملکرد و ۶۷ درصد بی‌تأثیر در عملکرد وظایف اقدام، نوبت‌کار اتاق کنترل، مهندس شیفت بهره‌برداری و مدیر تولید بودند. مطابق جدول ۱ و برای وظیفه اقدام تعداد ۳ مورد از شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد باعث کاهش عملکرد و یک مورد از شرایط باعث افزایش عملکرد می‌شدند. شاخص تأثیر عملکرد برای وظایف اقدام و نوبت‌کار اتاق کنترل دامنه‌ای بین ۰/۶ تا ۱/۸ - و برای مهندس شیفت بهره‌برداری بین ۰/۴ – تا ۱/۲ و برای مدیر تولید بین ۱/۴- تا ۱/۴ بود که هرچه مقدار این شاخص پایین‌تر باشد سطح کارآمدی وظایف دارای شرایط ایدئال‌تری می‌باشد.

۸. Hierarcical Task Analysis
۹. Common performance conditions
۱۰. Cognitive Failure Probability total
۱۱. Contextual Control Model of Cognition
۱۲. Scrambled control
۱۳. Opportunistic control
۱۴. Tactical control
۱۵. Strategic control
۱۶. Cognitive Failure Probability

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

شکل ۱- تجزیه‌وتحلیل سلسله مراتبی وظیفه اقدام

جدول ۱- شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد، توصیف گرها/ سطح، اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد و شاخص تأثیر عملکرد وظیفه اقدام

عنوان وظیفه: اقدام	روش اولیه CREAM		
شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد (CPCs)	توصیف گرها/ سطح	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد	شاخص تأثیر عملکرد (PII)
۱. توانمندی سازمان	کارآمد	بی‌تأثیر در عملکرد	۰/۰
۲. شرایط کار	عالی	بهبود عملکرد	-۰/۶
۳. متناسب بودن سامانه‌های انسان ماشین و حمایت مؤثر	کافی	بی‌تأثیر در عملکرد	-۰/۴
۴. قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	قابل‌تحمل	بی‌تأثیر در عملکرد	۰/۰
۵. انجام دو یا چند کار به‌طور همزمان	بیشتر از حد توان فردی	کاهش عملکرد	۱/۲
۶. زمان در دسترس برای انجام کار	ناکافی (به‌طور موقت)	بی‌تأثیر در عملکرد	۰/۰
۷. زمان انجام کار (ریتم سیرکادین)	نوبت‌کار (نامنظم)	کاهش عملکرد	۰/۶
۸. کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	ناکافی	کاهش عملکرد	۱/۸
۹. نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی‌تأثیر در عملکرد	۰/۰
جمع تعداد کل:	∑R (کاهش عملکرد) = ۳	∑ (PII) = ۲/۶	∑I (بهبود عملکرد) = ۱

جدول ۲- احتمال کلی خطا و سبک‌های کنترلی برای وظایف آنالیز شده

وظایف اتاق کنترل	ضریب کنترل (β)	احتمال کلی خطای شناختی (CFPt)	سبک کنترلی
اقدام	۲	۰/۰۱۷۷	کنترل لحظه‌ای
نوبت‌کار اتاق کنترل	۲	۰/۰۱۷۷	کنترل لحظه‌ای
مهندس شیفت بهره‌برداری	۲	۰/۰۱۷۷	کنترل لحظه‌ای
مدیر تولید	۰	۰/۰۰۵۶	کنترل تاکتیکی

بر اساس نتایج روش اولیه CREAM، احتمال کلی خطای شناختی برای وظایف شغلی اقدام، نوبت‌کار اتاق کنترل و مهندس شیفت بهره‌برداری (سرپرست نوبت‌کار اتاق کنترل) برابر با ۰/۰۱۷۷ و نوع سبک کنترلی، کنترل لحظه‌ای به دست آمد. این مقدار برای وظیفه مدیر تولید برابر با ۰/۰۰۵۶ و نوع سبک کنترلی نیز کنترل تاکتیکی به دست آمد. مقدار ضریب کنترل برای وظایف اقدام، نوبت‌کار اتاق کنترل، وظایف مهندس شیفت بهره‌برداری برابر ۲ و برای وظایف مدیر تولید برابر صفر بود (جدول ۲). درروش گسترده CREAM، ابتدا مطابق با لیست فعالیت‌های شناختی وظایف، برای هر زیر وظیفه فعالیت شناختی و سپس کارکردهای شناختی مربوطه تعیین گردید. فعالیت ارتباط بیشترین فعالیت شناختی شناسایی‌شده (۲۹٪) برای ۴ وظیفه بررسی‌شده بود و فعالیت‌های شناختی مقایسه، شناسایی، تنظیم و حفظ و نگهداری هیچ تعدادی را به خود اختصاص ندادند. بیشترین کارکرد شناختی برای وظایف مذکور مربوط به کارکرد شناختی اجرا (۳۶٪) و کمترین آن‌ها مربوط به کارکرد شناختی مشاهده (۱۵٪) بود. خطای شناختی زمان نادرست در اجرا (E_2) دارای بیشترین تعداد خطا و خطای شناختی نقص در موارد مورداجرا (E_3) فاقد هرگونه خطایی برای چهار وظیفه موردبررسی بود. کمترین مقدار CFP۰ برای چهار وظیفه مربوط به وظیفه نوبت‌کار اتاق کنترل (۰/۰۰۱) و بیشترین مقدار مربوط به همان وظیفه (۰/۰۰۷) بود. کمترین مقدار CFPi مربوط به وظیفه مدیر تولید (۰/۰۰۱۹) و بیشترین مقدار مربوط به وظیفه اقدام و نوبت‌کار اتاق کنترل (۰/۰۸۹۳۳) بود (جدول ۳). از میان ۴ وظیفه شناسایی‌شده تعداد ۵۰ درصد آن‌ها دارای ارتباط موازی بودند. بدین معنی که خطای همه زیر وظیفه‌ها باهم منجر به خطای وظیفه اصلی می‌گردد. ۴۲ درصد آن‌ها دارای ارتباط متوالی

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

بودند، بدین معنی که خطای یک زیر وظیفه به‌تنهایی منجر به خطای وظیفه اصلی می‌گردد. همچنین از کل وظایف تعداد ۷۱ درصد آن‌ها دارای وابستگی بالا و ۲۱ درصد آن‌ها دارای وابستگی کم بودند. مقادیر احتمال خطای شناختی برای زیر وظیفه‌های اقدام (۰/۱۱۲ – ۰/۰۱۳)، نوبت‌کار اتاق کنترل (۰/۱۴۳ – ۰/۰۱۳)، مهندس شیفت (۰/۱۴۱ – ۰/۰۰۷) و مدیر تولید (۰/۰۱۶۷ – ۰/۰۰۲۸) محاسبه شد. مقدار احتمال خطای شناختی برای وظیفه اقدام (۰/۱۲۵۰۶) و برای وظایف نوبت‌کار اتاق کنترل (۰/۲۱۴۴)، مهندس شیفت (۰/۲۹۱۸۳) و مدیر تولید (۰/۰۳۶۷۳) با استفاده از فرمول مربوطه به دست آمد.

جدول ۳- آنالیز کمی خطای شناختی برای زیر وظیفه اقدام

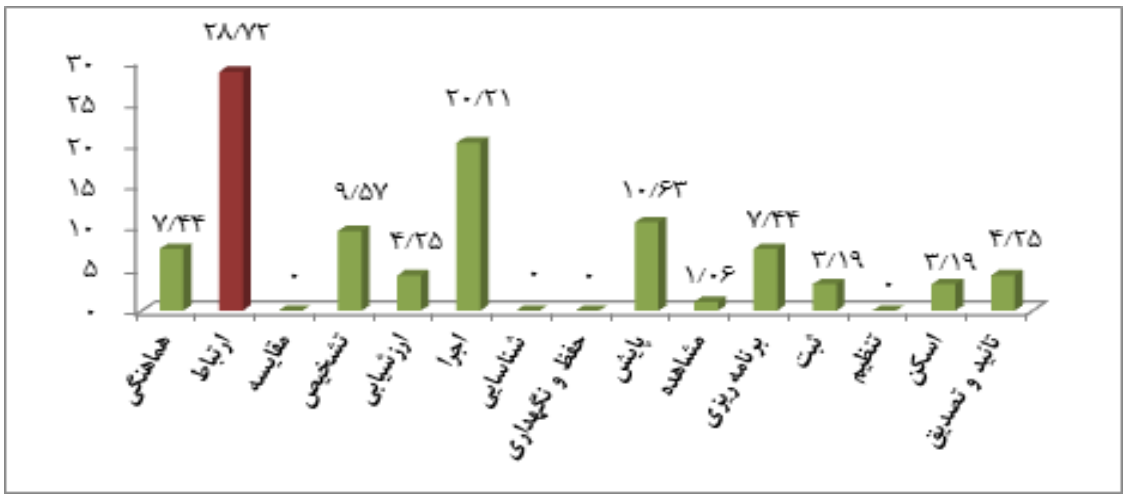
عنوان وظیفه: اقدام		روش گسترده CREAM				
وظیفه	زیر وظیفه	نوع فعالیت شناختی	نوع کارکرد شناختی	نوع خطای شناختی	CFP0	CFPi
۱	۱,۱	مشاهده	مشاهده	O۲. شناسایی نادرست	۰/۰۰۷	۰/۰۳۱۲۷
	۲,۱	اجرا	اجرا	E۱. نقص در نحوه اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰
	۳,۱	اجرا	اجرا	E۱. نقص در نحوه اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰
۲	۱,۲	تشخیص	تفسیر، برنامه‌ریزی	I۱. تشخیص نادرست	۰/۰۲	۰/۰۸۹۳۳
	۲,۲	تشخیص	تفسیر، برنامه‌ریزی	I۱. تشخیص نادرست	۰/۰۲	۰/۰۸۹۳۳
	۳,۲	تشخیص	تفسیر، برنامه‌ریزی	I۱. تشخیص نادرست	۰/۰۲	۰/۰۸۹۳۳
	۴,۲	تشخیص	تفسیر، برنامه‌ریزی	I۱. تشخیص نادرست	۰/۰۲	۰/۰۸۹۳۳
۳		ارتباط	اجرا	E۲. زمان نادرست در اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰
۴	۱,۴	ارتباط	اجرا	E۲. زمان نادرست در اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰
	۲,۴	اجرا	اجرا	E۴. نقص در توالی و ترتیب اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰
	۳,۴	اجرا	اجرا	E۲. زمان نادرست در اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰
۵	۱,۵	ارتباط	اجرا	E۲. زمان نادرست در اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰
	۲,۵	هماهنگی	برنامه‌ریزی، اجرا	E۴. نقص در توالی و ترتیب اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰
	۳,۵	هماهنگی	برنامه‌ریزی، اجرا	P۲. نقص در برنامه‌ریزی	۰/۰۱	۰/۰۴۴۶۶
	۴,۵	ارتباط	اجرا	E۴. نقص در توالی و ترتیب اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰
	۵,۵	ارتباط	اجرا	E۴. نقص در توالی و ترتیب اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰
	۶,۵	ارتباط	اجرا	E۴. نقص در توالی و ترتیب اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰
۶	۶,۶	اجرا	اجرا	E۲. زمان نادرست در اجرا	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳۴۰

جدول ۴- احتمال کمی خطای شناختی برای وظایف اقدام

احتمال کمی خطای شناختی برای وظایف اقدام		روش گسترده CREAM		
زیر وظیفه	ارتباط منطقی بین زیر وظیفه‌ها	نوع وابستگی بین زیر وظیفه‌ها	احتمال خطای شناختی زیر وظیفه CFPi	احتمال خطای شناختی وظیفه CFPt
۱	موازی	بالا	۰/۰۵۸۰۷	∑min[۶،۳،۱]+ ∑max[۵،۴،۲] =۰/۱۲۵۰۶
۲	متوالی	بالا	۰/۰۸۹۳۳	
۳	–	–	۰/۰۱۳۴۰	
۴	متوالی	بالا	۰/۰۱۳۴۰	
۵	متوالی	کم	۰/۱۱۱۶۶	
۶	–	–	۰/۰۱۳۴۰	

از کل خطاهای شناسایی‌شده برای ۴ وظیفه شغلی آنالیز شده، (۴۲/۷۴٪) مربوط به خطای اجرا، (۲۳٪) خطای تفسیر، (۲۰/۶۱٪) خطای برنامه‌ریزی و (۱۳/۷۴٪) خطای مشاهده بود. با بررسی پروفایل نیازهای شناختی برای ۴ وظیفه شغلی آنالیز شده، درصد فعالیت‌های شناختی مرتبط با انجام این وظیفه به ترتیب شامل فعالیت ارتباط (۲۸/۷۲٪)، اجرا (۲۰/۲۱٪)، پایش (۱۰/۶۱٪)، تشخیص (۹/۵۷٪)، هماهنگی و برنامه‌ریزی (۷/۴۴٪)، ارزشیابی، تائید و تصدیق (۴/۲۵٪) و فعالیت‌های اسکن و مشاهده (۱/۰۶٪) می‌باشد (شکل ۲).

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.



شکل -۲ فعالیت‌های شناختی مربوط به ۴ وظیفه شغلی آنالیز شده

بحث

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که ۸ درصد از شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد باعث بهبود عملکرد و ۶۷ درصد بی‌تأثیر در عملکرد وظایف اقدام، نوبت‌کار اتاق کنترل، مهندس شیفت بهره‌برداری و مدیر تولید بودند. بررسی‌ها نشان داد که سه شرایط «انجام دو یا چند کار به‌طور همزمان، زمان انجام کار (ریتم سیرکادین) و کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری» در وظایف نوبت‌کار اتاق کنترل و اقدام باعث کاهش عملکرد می‌شدند. در وظایف مهندس شیفت بهره‌برداری شرایط «انجام دو یا چند کار به‌طور همزمان و زمان انجام کار (ریتم سیرکادین)» و در وظایف مدیر تولید «انجام دو یا چند کار به‌طور همزمان» باعث کاهش عملکرد می‌شدند. آموزش ناکافی افراد به‌عنوان عامل مؤثر در میزان آمادگی افراد و مدیریت نامناسب شناسایی‌شده که می‌تواند در کمیت و کیفت عملکرد افراد نقش داشته باشد (۲۳). ازآنجایی‌که هدف نهایی در فرایندهای کنترلی، ایجاد شرایط بهینه برای تغییر شرایط اثرگذار بر عملکرد و تبدیل شرایط به وجود آورنده کاهش عملکرد به شرایط بی‌تأثیر در عملکرد و درنهایت بهبود عملکرد است، فراهم کردن آموزش‌های باکیفیت، برنامه‌ریزی درست برای انجام کارها به‌ویژه در نوبت‌های کاری شبانه و استفاده از دستورالعمل‌ها کاری می‌تواند در بهبود عملکرد کارکنان اتاق کنترل مؤثر باشد.

مطابق با یافته‌های روش اولیه CREAM، سبک کنترلی تعیین‌شده برای وظایف شغلی اقدام، نوبت‌کار اتاق کنترل و مهندس شیفت بهره‌برداری از نوع لحظه‌ای و برای وظیفه مدیر تولید از نوع تاکتیکی بود که با نتایج مطالعه مظلومی و همکاران در اتاق کنترل صنایع پتروشیمی همخوانی دارد (۱۵). مطابق با مدل COCOM، زمانی که به دلیل بالا بودن احتمال عدم موفقیت، قابلیت اطمینان عملکرد پایین است کنترل لحظه‌ای تعیین می‌گردد و وقتی‌که به دلیل پایین بودن احتمال عدم موفقیت، قابلیت اطمینان عملکرد افزایش می‌یابد سطح کنترلی نیز بیشتر می‌شود (کنترل تاکتیکی و استراتژیک). در روش اولیه CREAM، هدف افزایش قابلیت اطمینان عملکرد و کاهش احتمال کلی خطای شناختی است که برای این منظور باید نوع سبک کنترلی، از نوع کنترل لحظه‌ای به سمت کنترل استراتژیک پیش برود (۱۱). در کنترل لحظه‌ای فرد با کمبود شدید زمانی مواجه است و برنامه‌ریزی یا پیش‌بینی اندکی دارد ولی در کنترل تاکتیکی عملکرد مبتنی بر برنامه‌ریزی شکل می‌گیرد و از فرآیند یا قواعد کم‌وبیش شناخته‌شده‌ای پیروی می‌کند. در این پژوهش، عوامل مرتبط با کاهش اطمینان عملکرد شامل انجام دو یا چند کار به‌طور همزمان، زمان انجام کار و کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری بود که باعث ایجاد سبک کنترلی لحظه‌ای می‌گردند. بر اساس یافته‌های مطالعات قبلی ساعات کاری غیرمعمول، آموزش ناکارآمد، وظایف غیرمعمول و نیاز به کسب اطلاعات بیشتر را به‌عنوان علل مؤثر در به وجود آمدن خطا شناسایی کرد (۲۴). هدف نهایی در این مرحله بهبود عوامل کاهش‌دهنده قابلیت اطمینان عملکرد و درنتیجه افزایش قابلیت اطمینان عملکرد است که تدوین برنامه مناسب نوبت‌کاری؛ نیازسنجی آموزشی، داشتن برنامه‌های آموزشی و اجرای آموزش‌های باکیفیت بر اساس برنامه‌های آموزشی و لزوم توجه به دستورالعمل‌های تعیین‌شده توسط سطوح بالای مدیریتی حائز اهمیت است. در مطالعه‌ای که برای تحلیل تصادف بین دو قطار انجام شد نوع سبک‌های کنترلی لحظه‌ای و اتفاقی به دست آمد (۲۵). همچنین در مطالعاتی که از روش CREAM فازی برای بررسی تصادف قطار و بررسی خطای انسانی در یکی از مناطق عملیاتی شرکت انتقال گاز استفاده شد، نوع سبک کنترلی تاکتیکی تعیین شد (۲۶ و ۲۷). با توجه به توضیحات داده‌شده و یافته‌های مطالعات قبلی، تعیین سبک کنترلی بر اساس نوع وظایف افراد در

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

سامانه‌های کنترلی متفاوت است.

یافته‌های روش گسترده CREAM نشان داد که از کل خطاهای شناسایی‌شده ۴۲/۷۴٪ مربوط به خطای اجرا، ۲۳٪ خطای تفسیر، ۲۰/۶۱٪ خطای برنامه‌ریزی و ۱۳/۷۴٪ مربوط به خطای مشاهده است. از میان کل خطاهای شناسایی‌شده برای وظیفه نوبت‌کار اتاق کنترل سهم خطای اجرا (۵۶٪) بیشترین مقدار، درحالی‌که سهم خطای برنامه‌ریزی (۴٪) کمترین مقدار است؛ اما برای وظیفه مدیر تولید وضعیت متفاوت بوده و سهم خطای برنامه‌ریزی (۲۵/۶۴٪) بیشترین مقدار می‌باشد. این یافته‌ها با نتایج مطالعه مظلومی و همکاران همخوانی دارد (۱۵). ازاین‌رو هرچقدر نقش مدیریتی فرد بیشتر می‌شود سهم خطای اجرا کاهش و سهم خطای برنامه‌ریزی بیشتر می‌گردد که با توجه به ماهیت وظایف شغلی مدیر تولید و نقش اجرایی اپراتور اتاق کنترل منطقی است. وظیفه اقدام یک وظیفه ترکیبی از وظایف نوبت‌کار اتاق کنترل و مهندس شیفت بهره‌برداری جهت رفع آلارم می باشد؛ بنابراین خطاهای شناسایی‌شده برای این وظایف از روند بالا تبعیت نمی‌کند. بطوریکه در وظیفه اقدام خطای ارتباط و اجرا بیشترین سهم را داشتند که به دلیل ماهیت وظیفه اقدام در رفع مشکل منطقی به نظر می‌رسد. به‌منظور کاهش خطای شناختی زمان نادرست در اجرا (E۲) که دارای بیشترین تعداد خطا در این مطالعه بود می‌توان از برنامه‌ریزی و زمان‌بندی درست برای انجام وظایف و نظارت بر انجام وظایف محوله استفاده کرد.

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین فعالیت‌های شناختی مرتبط با وظایف بررسی‌شده در اتاق کنترل به ترتیب شامل فعالیت ارتباط، اجرا، پایش، تشخیص، هماهنگی و برنامه‌ریزی، ارزشیابی و تائید و تصدیق، ثبت و اسکن و مشاهده می‌باشند. این یافته‌ها با نتایج مطالعات قبلی همخوانی دارد (۱۵ و ۲۸). با توجه به اینکه وظیفه اصلی افراد شاغل در اتاق کنترل تلاش برای کنترل ایمن فرایند تولید سیمان بود، لذا برقراری ارتباط بین کارکنان اتاق کنترل و کارکنان بهره‌برداری و تعمیرات ضروری است تا محصول سیمان به‌صورت مستمر و ایمن تولید شود. ازاین‌رو بالا بودن قابلیت اطمینان وسایل و روش‌های ارتباطی برای انتقال پیام‌های کنترلی بین کارکنان خیلی مهم است و بایستی بر اساس برنامه منظم پایش و کنترل شود. ازآنجایی‌که در فرایندهای کنترل از راه دور، اطلاع از مقادیر پارامترهای عملیاتی به‌صورت از راه دور صورت می‌گیرد، لذا مشاهده مستقیم توسط کارکنان به حداقل رسیده و این فعالیت شناختی دارای کمترین مقدار بود.

مطالعه حاضر از معدود مطالعاتی است که به شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل در یک شرکت تولید سیمان با استفاده از روش واکاوی خطای قابلیت اطمینان شناختی پرداخت. استفاده از این روش ما را قادر ساخت تا با خطاهای شناختی اپراتورهای اتاق کنترل آشنا شده و احتمال وقوع آن‌ها را محاسبه کنیم تا مدیران شرکت بااطلاع از خطاهای شناسایی‌شده اپراتورها در حین انجام وظایف مختلف بتوانند راهکارهایی را برای کاهش خطاهای انسانی اتخاذ و احتمال بروز حوادث ناشی از خطای انسانی را به حداقل برسانند. یافته‌های این مطالعه همچنین می‌تواند برای شرکت‌های تولیدکننده سیمان دارای فرایند مشابه مفید باشد. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به‌صرف مدت‌زمان زیاد جهت جمع‌آوری اطلاعات برای اجرای روش که شامل بررسی طولانی‌مدت مستندات و یادگیری فرآیند تولید سیمان و پارامترهای عملیاتی مربوطه، توجیه کارکنان اتاق کنترل برای ضرورت انجام مطالعه به‌منظور افزایش مشارکت آن‌ها در مطالعه، آموزش روش مورداستفاده به کارکنان اتاق کنترل، مدیر تولید و مهندس شیفت بهره‌برداری جهت دریافت اطلاعات صحیح بود. مسافت زیاد محل انجام پژوهش از شهر مشکلاتی را ازنظر رفت‌وآمد برای پژوهشگر به وجود آورد. غیبت کارکنان اتاق کنترل، مدیر تولید و یا مهندس شیفت بهره‌برداری بدون اطلاع قبلی، موجب افزایش زمان جمع‌آوری داده‌های لازم شد.

نتیجه‌گیری

روش CREAM ازلحاظ نظری روشی بسیار معتبر برای شناسایی خطای انسانی است که ویژگی‌های مثبت آن شامل به حداکثر رساندن احتمال عملکرد انسانی، به حداقل رساندن احتمال خطای انسانی و به حداکثر رساندن احتمال بهبود و بازیابی خطاهای انسانی است. با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر می‌توان از آن به‌منظور بررسی و تعیین سبک‌های کنترلی و احتمال کلی خطای شناختی در اتاق کنترل شرکت‌های تولید سیمان استفاده نمود. فراهم کردن آموزش‌های باکیفیت، برنامه‌ریزی درست برای انجام کارها به‌ویژه در نوبت‌های کاری شبانه، زمان‌بندی درست برای انجام وظایف، نظارت بر انجام وظایف محوله و استفاده از دستورالعمل‌های کاری می‌تواند در بهبود عملکرد کارکنان و کاهش خطاهای انسانی کارکنان اتاق کنترل سیمان مؤثر باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته ارگونومی و طرح پژوهشی مصوب دانشگاه علوم پزشکی ارومیه به شماره ۱۹۶۶ است. نویسندگان این مقاله از مدیر تولید، مدیریت واحد HSE و کلیه کارکنان اتاق کنترل شرکت تولید سیمان به سبب همکاری‌هایشان مراتب تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌دارند. همچنین از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی ارومیه به سبب همکاری و تأمین بودجه انجام مطالعه قدردانی به عمل می‌آید.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

References

1. Meshkati N. Human factors in large-scale technological systems' accidents: Three Mile Island, Bhopal, Chernobyl. Industrial Crisis Quarterly. 1991;5(2):133-54.

2. ILO. Health and safety at work: Facts and figures 2014. Available from: http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/media-centre/issue-briefs/WCMS_206117/lang-en/index.htm.

3. Jeoff S, Tim H, Jim J. Understanding human error in mine safety. Ashgate Publishing Limited. 2009;175.

4. Zarea A. Human errors of operators in cement furnace using HRMS. A dissertation thesis for the fulfillment of the MSc degree in Occupational Health Engineering. Tehran Univ. Medical Tehran, Iran.2007; 64-80.

5. McCafferty DB. Successful system design through integrating engineering and human factors. Process Safety Progress. 1995 Apr;14(2):147-51.

6. Reason J. Human error: models and management. Bmj. 2000;320(7237):768-70.

7. Adl J, Ghahramani A. Risk assessment in a sweetening unit in an Iranian Gas Refinery. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2005;3(4):1-2.

8. Allahyari T, Fard ZS, Khalkhali HR, Mohebbi I. An investigation on the relationship between error culture and safety outcomes among employees of a petrochemical industry. Safety promotion and injury prevention (Tehran). 2014;2(2):85-94.

9. 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. Annals of Nuclear Energy. 2011;38(11):2521-32.

10. Arnold IM, GGBOM F, Aluminum A. Occupational Health and Safety in the Mining industry in Canada. Minesafe international 1996: conference proceedings. 2005.

11. Hollnagel E. Cognitive reliability and error analysis method (CREAM). Elsevier; 1998 Jan 23.

12. Liu H, Hwang SL, Liu TH, Chen GH. Implementation of human error diagnosis (HED) system. Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers. 2004;21(1):82-91.

13. Wilpert B, Miller R, Wahlström B. Report on Needs and Methods. AMM–ORFA (99)–R03, May. 1999.

14. Kirwan B. Human error identification techniques for risk assessment of high risk systems—Part 2: towards a framework approach. Applied ergonomics. 1998;29(5):299-318.

15. Mazlomi A, Hamzeiyan Ziarane M, Dadkhah A, Jahangiri M, Maghsodepor M, Mohadesy P, Ghasemi M. Assessment of Human Errors in an Industrial Petrochemical Control Room using the CREAM Method with a Cognitive Ergonomics Approach. Journal of School of Public Health & Institute of Public Health Research. 2011;8(4):15-30.

16. Karimie S, Mirzaei aliabadie M, Mohammadfam I. Human Errors Assessment for Board Man in a Control Room of Petrochemical Industrial Companies using the extended CREAM. Journal of Health in the Field. 2018;6(1):28-35.

17. Jahani F, Nasrabadi M, Alizadeh A. Identification and Evaluation of Human Errors in Control Rooms of the Arya Sasol Polymer Company Using the CREAM Technique. Journal of Occupational Hygiene Engineering, 2016; 4(1):35-44.

18. Najafi Z, Arghami S. Identification And Assessment Of Human Errors In Car Driving Using Cognitive Reliability Error Analysis Method. Journal Of

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

Occupational Hygiene Engineering. 2018;5(3):63-75.

19. Pouya AB, Habibi EH. Using cream techniques for investigating human error with cognitive ergonomics approach in the control room of cement industry. IJBPAS. 2015;4(3):1480-4.

20. Alimohammadi I, Mirzaei F, Farshad A. Assessment of hazard kiln cement factory with Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA). 2013; 9(4):50-7.

21. Lane R, Stanton NA, Harrison D. Applying hierarchical task analysis to medication administration errors. Applied ergonomics. 2006;37(5):669-79. [pubmed]

22. He X, Wang Y, Shen Z, Huang X. A simplified CREAM prospective quantification process and its application. Reliability Engineering & System Safety. 2008;93(2):298-306.

23. Pourfatah N, Monazami-Tehrani G, Alibabaei A, Yousefiani SM. Identification of Human Errors and Effective Intra-organizational Factors in Failure Occurrence in Gas Industry. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. 2018;6(2):91-8.

24. Mohammadfam I, Mohammadi Y, Amiri M, Karimi S. Identifying and Prioritizing the Factors Affecting on the Human Errors in Health Care: Systematic Review. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. 2018; 6(2):87-90.

25. Wikstrand G. Cognitive Reliability and Error Analysis-Applying CREAM to" Kollision Eksjö-Nässjö, 1996-10-08.

26. Kiani M, Allahviranloo T, Mohammad Fam I. Research of common performance conditions (CPCs) and determination of cognitive failure probability total (CFPT) Using Fuzzy Cream. Occupational Medicine. 2015;7(3):46-56.

27. Marseguerra M, Zio E, Librizzi M. Quantitative developments in the cognitive reliability and error analysis method (CREAM) for the assessment of human performance. Annals of Nuclear Energy. 2006;33(10):894-910.

28. Konstandinidou M, Nivolianitou Z, Kiranoudis C, Markatos N. A fuzzy modeling application of CREAM methodology for human reliability analysis. Reliability Engineering & System Safety. 2006;91(6):706-16.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.