فصلنامه علوم محیطی، دوره سیزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴

۱۲۵-۱۳۶

ارزیابی و مدیریت ریسک خطاهای انسانی در اتاق کنترل واحدهای نمک‌زدایی و تقویت فشار گاز مارون به روش هازوپ انسانی

کتایون ورشوساز [۱*]، جانت زنگنه [۲]، نغمه مبرقعی دینان [۳] و صدیقه موسوی‌پور [۴]

[۱] استادیارگروه محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه‌آزاداسلامی، واحد اهواز

[۲] دانش آموخته‌کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز

[۳] استادیارگروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط‌زیست، پژوهشکده علوم‌محیطی، دانشگاه شهیدبهشتی،تهران

[۴] دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی‌منابع‌طبیعی، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۹۴/۵/۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۱۳

چکیده

در بسیاری از محیط‌های کاری، خطاهای انسانی به دلیل منتهی شدن به حوادث ناگوار از اهمیت به سزایی برخوردار است. به همین علت برای پیش‌گیری و کاهش پیامدهای ناشی از خطاهای انسانی، شناسایی و علت‌یابی آنها ضروری است. هدف از انجام این بررسی شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک خطاهای انسانی در واحدهای تقویت فشار گاز و نمک‌زدایی«مارون» است. پس از ارزیابی بخش‌های مختلف اتاق کنترل واحدهای نمک‌زدایی و تقویت فشار از منظر ایمنی و بهداشتی برای شناسایی خطرات و عوامل بالقوه آسیب‌رسان انسانی (وظایف بحرانی)، از روش مشاهده، مصاحبه و بازدید استفاده شد. در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل وظایف بحرانی واحدهای نمک‌زدایی و تقویت فشار از روش آنالیز سلسله‌مراتبی وظایف استفاده شد. سپس خطرات و عوامل بالقوه آسیب‌رسان انسانی با توجه به احتمال وقوع و شدت اثر ارزیابی و طبقه‌بندی شدند. در فرآیند ارزیابی ریسک از روش هازوپ انسانی بهره‌گیری شد. نتایج به‌دست‌آمده از محاسبه ریسک برگه‌های کار هازوپ انسانی واحدهای مارون حاکی از آن است که عدم انجام وظیفه شغلی با ۸۸/۱۱ درصد، به‌عنوان مهم‌ترین وظیفه شغلی و خطاهای انسانی با۴۱/۶۶درصد مهم‌ترین علل بروز خطاهای شرکت مارون هستند. پیامد خطاهای انسانی نیز به سه دسته پیامد اقتصادی با ۴۴/۹۶ درصد، پیامد مدیریتی با میزان ۳۲/۵۵ درصد و پیامد زیست‌محیطی با ۲۲/۴۸ درصد محاسبه شد. روش هازوپ انسانی می‌تواند برای محدود کردن احتمال رخداد خطای انسانی و کاهش شدت عواقب چنین خطاهایی از طریق تغییراتی در آموزش، طراحی، سامانه‌های ایمنی و دستورعمل‌ها که در نتیجه آن قدرت تحمل خطا در طراحی‌ها و یا عملیات بیشتر شود، مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: هازوپ‌انسانی، تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی وظایف، اتاق‌کنترل، خطای انسانی، نفت‌وگاز مارون.

Risk Assessment and Management Impacts on Humans in the Control Room, Desalting Unit and Compression Station at Maroon using the Human Hazop Method

Katayoon Varshosaz[1]*, Janet Zangheneh[2], Naghmeh Mobarghaee[3] & Sedigheh Mousavipour[4]

[1] *Asistant Professor, Department of Environment, Faculty of Agriculture and Natural resources, Islamic Azad University, Ahvaz*

[2] *MSc. of Environmental Assessment and Land Use Planning, Faculty of Environment, Islamic Azad University. Ahvaz*

[3] *Assistant Professor, Department of Planning and Design of the Environment, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran*

[4] *MSc. of Natural Resources Engineering, Faculty of Natural Resources, Shiraz University*

Abstract

In many work environments, human errors are of great importance, since they result in adverse events. Therefore, in order to prevent or reduce the consequences of human errors, it is necessary to identify the cause interpolation. The aim of this study is to identify, assess and manage the risks of human errors in the desalting unit and compression station at Maroon. After assessing different parts of the control room in the desalting unit in terms of health and safety, in order to identify risks and potential damage to human factors (critical tasks), the method of Walking & Talking Through was used. To analyze the critical tasks in the desalting unit and compression station, Hierarchical Task Analysis (HTA) was applied and, then, the risks and potential human damage were evaluated and classified in view of the probability of occurrence and intensity of effects. The Human Hazop method was used in the process of risk assessment and the results of the risk calculation work sheet for the Maroon units indicate that the most important reasons behind errors in this company are as follows: (a) not performing job tasks (88.33%) as the most important job tasks, and (b) human errors with the highest percentage of 41.66%. The consequences of human errors can be classified into three categories: (1) economic consequences (44.96%), (2) management consequences (32.55%) and (3) environmental consequences (22.48%). The Human Hazop method can be used for eliminating human errors and also for reducing the intensity of their consequences, by altering education, design and safety systems and instructions which, in turn, increases the tolerance of errors in designs or operations.

Keywords: Human Hazop Method, Hierarchical Task Analysis Method, Control Room, Human Error , Oil and Gas Industry, Maroon.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: kvarshosaz@yahoo.com

۱- مقدمه

بررسی‌های انجام شده درباره حوادث صنعتی نشان داده است که عامل انسانی مهم‌ترین و اصلی‌ترین نقش را در بروز حوادث دارد و آمار نشان می‌دهد، که عامل بیش از ۸۰ درصد حوادث در صنایع شیمیایی و پتروشیمی اشتباه و خطای انسانی است[۱]. "کرزنر" ریسک را اندازه‌گیری احتمال و مقدار نرسیدن به اهداف از قبل تعیین‌شده پروژه دانسته و به طور کلی، برابر با نداشتن دانش کافی از رخداد یک واقعه در آینده می‌داند [۲]. شکست پروژه‌های مهندسی بزرگ، اهمیت مدیریت ریسک را به‌ویژه در فعالیت‌های دفاعی، ساخت‌وساز و صنایع به علت خطرات جدی که ممکن است تحمیل شود، نشان می‌دهد[۳]. در جامعه امروزی که اکثرا از سیستم‌های پیچیده استفاده می‌شود، ازکار افتادگی یک سیستم یا بروز حوادث می‌تواند موجب بروز اختلال در سطوح مختلف و حتی به عنوان تهدیدی برای جامعه و محیط‌زیست تلقی شود[۴]. به این دلیل است که همگان در پی سیستمی ایمن و با احتمال خطر پایین هستند[۵]. از مهم‌ترین شاخص‌های سامانه‌های وسیع تکنولوژی از جمله صنعت نفت، گاز و پتروشیمی این است که مقادیر زیادی از مواد بالقوه خطرآفرین در یک ایستگاه متمرکز بوده و به وسیله‌ی چندین پرسنل کنترل می‌شوند. حوادث در ایستگاه‌های مذکور نه تنها تجهیزات و افرادی که درون این ایستگاه مشغول به کار هستند را تهدید می‌کند، بلکه به دلیل تبعات و اثرات آن بر پیرامون و حتی کشورهای همجوار از اهمیت به سزایی برخوردار است[۶]. بررسی‌هایی که تاکنون در زمینه خطای انسانی با روش‌های مختلف صورت گرفته اند، سیستم‌هایی را بررسی کرده‌اند که اپراتور در ارتباط با سیگنال‌ها، نشانگرها و کلیدها قرار دارد. اکثر آنها در صنایع شیمیایی، هسته‌ای، فرایندی، حمل‌ونقل ریلی و هوایی است [۱۱-۷]. متاسفانه در ایران در زمینه ارزیابی ریسک و پارامترهای ایمنی در صنایع، ارزیابی خطای انسانی کمرنگ است. با این حال، بررسی‌هایی در زمینه خطای انسانی در بعضی صنایع صورت گرفته است که بررسی‌های شناسایی خطای انسانی در اتاق کنترل پالایشگاه نفت اصفهان به روش رویکرد سیستماتیک پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی۱ و ارزیابی و مدیریت خطاهای انسانی در شرایط اضطراری نیروگاه به روش کاربرد شاخص احتمال خطای انسانی۲، از آن جمله اند [۱۳-۱۲]. باتوجه به اینکه در صنعت نفت و پتروشیمی ایران و اکثر نقاط دنیا وظیفه حساس کنترل فرآیند به طور مداوم توسط اپراتورها ومسئولان اتاق کنترل صورت می‌گیرد، اهمیت و توجه هرچه بیشتر به موضوع خطاهای انسانی لازم است. در همین راستا این بررسی، با هدف ارزیابی ریسک خطاهای انسانی پرسنل واحدهای تقویت فشار گاز و نمک‌زدایی نفت مارون انجام شد تا با شناسایی و آنالیز خطاهای انسانی و ارائه راهکارهای کنترلی، گام مؤثری در کاهش وقوع خطاهای انسانی برداشته شود. برای بررسی و انجام بررسی‌های ارزیابی و مدیریت ریسک خطاهای انسانی تاکنون از روش‌های مختلفی استفاده شده است که برخی از این روش‌ها در زیر آمده است:

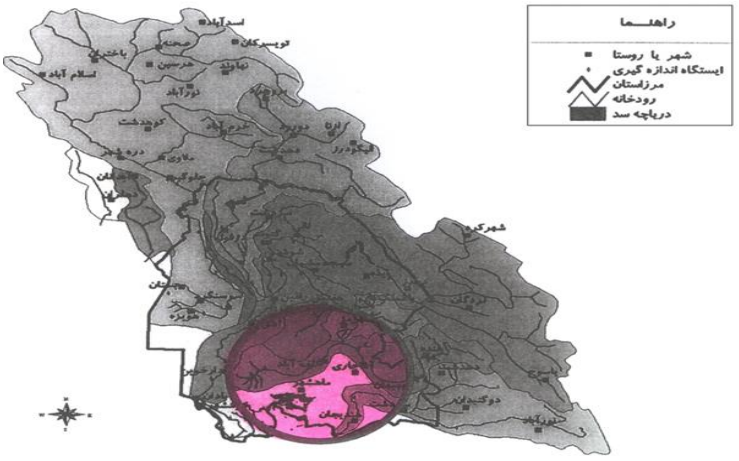
الگوی خطای انسانی۳، روش آنالیز پیش‌بینانه خطای شناختی۴، پیش‌بینی آنالیز و کاهش خطای انسانی۵، ابزار شناسایی خطای انسانی در سیستم۶، تکنیک تشخیص و کاهش خطای انسانی۷، تکنیک تشخیص خطای انسانی۸، و آنالیز وظیفه برای شناسایی خطا۹ [۱۴].

روش هازوپ برای اولین بار در سال ۱۹۷۰ توسط صنایع شیمیایی سلطنتی بریتانیا معرفی و سپس توسط کلتز۱۰ به صورت قانون‌مند درآمد. این تکنیک با استفاده از روش چک لیست که مبتنی بر پیش‌گیری گذشته‌نگر بود مطرح شد. تکنیک شناسایی، ارزیابی و کنترل خطرات بر پایه نگرش سیستمی و برای شناسایی خطرات، در بخش‌های مختلف درون یک سیستم و پیامدهای آن بر سیستم و محیط، و از روش‌های کیفی برای آنالیز داده‌های خطای انسانی است که تعداد این روش‌ها بسیار اندک و در مقایسه با روش‌های کمی روش مناسب‌تری است. هازوپ انسانی از اختصاصی‌ترین انواع این تکنیک به شمار می‌رود که اساساً بر خطاهای انسانی و نقش آنها در کاهش قابلیت اطمینان سیستم‌ها متمرکز می‌شود. این تکنیک در مقایسه با دیگر روش‌ها، روشی سخت‌افزاری، جامع و فراگیر بوده و برای سیستم‌های پیچیده مناسب است، و در نهایت بررسی با این روش نتایج دقیق و قابل‌استفاده‌ای فراهم کرده و تمامی جزئیات را مشخص می‌کند. با وجود این همه مزیت متاسفانه این روش کمتر مورد توجه قرار گرفته است [۱۵]. برای انجام روش هازوپ انسانی گروهی با تخصص‌هایی در زمینه‌ی محیط‌زیست، ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست، بهداشت حرفه‌ای، اپراتورهایی با تجربه و سابقه کاری بیش از ۲۰ سال با تخصص‌هایی در زمینه‌ی عمران محیط‌زیست، شیمی، مکانیک و ریاضی تشکیل، و بررسی این روش ۱۵ جلسه به طول انجامید.

در بررسی پیامد بحرانی تأثیر کلر بر سلامت عمومی، توسط هورتون۱۱ و همکارانش در سال ۲۰۰۲، نیز به خطاهای انسانی پرداخته شده است[۱۶]. قاسمی و همکاران نیز پژوهشی را تحت عنوان «مطالعه‌ی ارگونومیک (شناسایی، پیش‌بینی و کنترل) خطاهای انسانی در یکی از اتاق‌های کنترل صنایع پتروشیمی با استفاده از تکنیک رویکرد سیستماتیک پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی» در سال ۱۳۸۸، انجام داده‌اند [۱۷]. کلتز بررسی دیگری را در سال ۲۰۰۱، درباره مشکلات خطاهای انسانی در صنعت با کاربرد داده‌های پایه‌ای ارائه کرده است [۱۸]. در سال ۲۰۰۷، کاریوکی۱۲ پژوهش دیگری با عنوان «فرایند قابلیت تجزیه و تحلیل خطر با استفاده از فاکتورهای انسانی» را بررسی کرده است[۱۹]. همچنین جوزی و همکارانش در سال ۱۳۸۹، بررسی‌ای را با عنوان ارزیابی ریسک محیط‌زیستی واحد گاز نیروگاه حرارتی «زرگان» با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن۱۳، به انجام رساندند [۲۰]. بررسی دیگری در سال ۱۳۸۸ توسط آزاده و همکاران وی با عنوان سیستم‌های مدیریت یکپارچه‌ی بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست صنایع صورت گرفت [۲۱]. محمدفام و همکارانش در سال ۲۰۱۲ پژوهشی تحت عنوان کاربرد خطر و بررسی روش هازوپ در ارزیابی خطرات در بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست ارائه دادند[۲۲].

۲- مواد و روش‌ها

شرکت بهره‌برداری نفت و گاز مارون در ۴۵ کیلومتری جاده اهواز- سربندر به مختصات جغرافیایی (" ۱۰/۱۰/۱۷ ۴۹۰) تا (" ۶۶ /۴۶ /۱۴ ۳۱۰) عرض شمالی در استان خوزستان واقع شده است که در این تحقیق به عنوان یک مورد بررسی شده است. دراین پژوهش واحدهای نمک‌زدایی و تقویت فشار مارون به عنوان محدوده بررسی در نظر گرفته و از نظر ایمنی و بهداشتی و خطای انسانی بررسی شد. در شکل شماره (۱) موقعیت جغرافیایی محدوده بررسی نمایش داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مارون

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۱ انجام شد. واحدهای تقویت فشار گاز و نمک‌زدایی نفت به عنوان واحد ورودی، برای ارزیابی خطای انسانی انتخاب شد. تعداد پرسنل در این واحدها ۱۶ نفر بود که در نوبت‌های کاری ۸ ساعته به صورت چرخشی، مشغول به کار بودند. در این پژوهش از روش بررسی خطر و قابلیت عملکرد هازوپ انسانی[۱۴] به عنوان رویکرد کمی در ارزیابی ریسک و ارزیابی خطاهای انسانی شرکت مارون طی مراحل زیر استفاده شده است.

۲-۱- شناسایی وظایف حساس

در این تحقیق ابتدا با توجه به بازدیدهای میدانی، مصاحبه با سرپرست واحد، مسؤولین شیفت‌ها، اپراتورهای اتاق کنترل و مسئولین ایمنی و در نهایت با جمع‌آوری کلیه اطلاعات مورد نظر با استفاده از روش مشاهده، مصاحبه و بازدید۶۰،[۱۵] وظیفه حساس که مستعد خطای انسانی اپراتورها بودند، شناسایی شد.

۲-۲- آنالیز وظیفه ترتیبی با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی وظایف[۱۶]

این فرایند با تجزیه و تحلیل فعالیت‌های اجرایی شروع و در قالب روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی وظایف اجرا می‌شود. این تکنیک در سال ۱۹۷۱ توسط آنت۱۷ مطرح و سپس توسط دیگران توسعه پیدا کرد. این تکنیک بر درک افراد از شغل برای دستیابی به اهدافی که می‌تواند ناشی از اجرای

برنامه‌های عملیاتی یا طرح و دستورعمل‌هایی باشد که برای رسیدن به اهداف تدوین شده‌اند، تکیه دارد. ساختار تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی وظایف طوری است که شغل مورد نظر را به جزئیات و مرتبه‌های لازم برای انجام آن فعالیت تجزیه می‌کند. در واقع کار تجزیه و تحلیل اینطور آغاز می‌شود که هدف نهایی در نظر گرفته شده و برای دست‌یابی به آن هدف، وظیفه به جزءهای کوچک‌تر تقسیم می‌شود و هدف را به شکل دیاگرام یا جدول نشان می‌دهد [۲۳].

۲-۳- بررسی خطر و قابلیت عملکرد با استفاده از روش هازوپ انسانی

در این گام پس از شناسایی وظایف هر یک از افراد اتاق کنترل، در کاربرگ هازوپ وظایف به صورت مجزا وارد شد. در مرحله بعدی با محاسبه‌ی شدت و احتمال خطای انسانی، عدد ریسک اولیه و در برخی موارد عدد ریسک ثانویه توسط فرمول و جدول‌های زیر، محاسبه شد.

احتمال وقوع خطای انسانی × شدت = عدد ریسک اولیه

شدت: میزان اهمیت و جدی بودن پیامد وظایف شغلی حاصل از خطای انسانی و میزان تخریب ایجاد شده است. جدول شماره (۱) مربوط به شدت تخریب پیامدهای مربوط به هر یک از وظایف شغلی است.

احتمال وقوع: منظور، نرخ احتمال رخداد خطای ناشی از عدم اطمینان از فعالیت انسان در محدوده ۵ تا ۹۵ درصد است. جدول شماره (۲) مربوط به احتمال وقوع پیامد خطای انسانی است.

جدول ۱- شدت پیامدهای مربوط به هر یک از وظایف شغلی [۲۴]

شدت	شرح شدت	امتیاز
شدید/فاجعه‌آفرین	مرگ/ از بین رفتن کامل تجهیزات به طوریکه نیاز به تعویض تجهیزات است.	۵
جدی	از کار افتادگی، نقص عضو و بیماری‌هایی که در درازمدت (بیش از ۳ سال) نمود پیدا می‌کند. از بین رفتن بخش عمده‌ای از تجهیزات به طوریکه نیاز به بازسازی کلی دارد.	۴
متوسط	جراحت همراه با بستری شدن در بیمارستان و بیماریهایی که در کوتاه مدت (کمتر از ۳ سال) نمود پیدا می‌کند یا باعث بیش از ۳ روز مرخصی استعلاجی می‌شود. نیاز به تعمیرات اساسی تجهیزات همراه، با توقف طولانی‌مدت کارگاه دارد.	۳
خفیف	جراحت یا عوارض، بدون بستری شدن در بیمارستان یا کمتر از ۳ روز مرخصی استعلاجی وتعمیرات جزئی به همراه توقف کوتاه‌مدت کارگاه	۲
ضرر ناچیز	جراحت همراه با درمان سرپایی و کمک‌های اولیه /تعمیرات جزئی بدون توقف در فعالیت کارگاه	۱

جدول۲- احتمال خطای انسانی [۲۴]

A	کلاً ناآشنا، کار با سرعتی غیرواقعی بدون تصوری از نتایج احتمالی، اجرا می‌شود.	۰/۵۵ (۰/۳۵-۰/۹۷)
B	تغییر یا بازگشت سیستم به یک حالت جدید یا ابتدایی که به‌صورت فردی، بدون سرپرستی یا دستورعمل انجام می‌شود	۰/۲۶ (۰/۱۴-۰/۴۲)
C	فعالیت پیچیده نیازمند سطح بالایی از درک و مهارت	۰/۱۶ (۰/۱۲-۰/۲۸)
D	کار بسیار ساده که بسیار سریع یا با توجه کافی انجام می‌شود	۰/۰۹ (۰/۰۶-۰/۱۳)
E	روزمره، بسیار انجام‌شده، فعالیتی سریع نیازمند سطح مهارتی پایین	۰/۰۲ (۰/۰۰۷-۰/۰۴۵)
F	بازگشت یا تغییر سیستم به وضعیتی جدید یا ابتدایی طبق دستورالعمل با مقداری بازبینی	۰/۰۰۳ (۰/۰۰۷-۰/۰۰۸)
G	کاملاً آشنا، طراحی خوب، بسیار انجام‌شده، کار روزمره که چندین بار در ساعت انجام می‌شود. در سطح بالایی از استانداردها توسط انگیزش بالا انجام می‌گیرد.و فرد تجربه بالایی دارد. کلاً از نقص‌ها آگاه است. زمان برای درست کردن نقص‌ها دارد. اما بدون مزایای معنی‌داری از کمک‌های شغلی	۰/۰۰۰۴ (۰/۰۰۰۰۸-۰/۰۰۰۹)
H	پاسخ درست به دستورات سیستم حتی زمانی که سرپرستی اتوماتیک یا افزایش‌یافته است.	۰/۰۰۰۰۲ (۰/۰۰۰۰۰۶-۰/۰۰۰۹)

پس از ارزیابی ریسک خطاهای انسانی، برای دسته‌بندی، تعیین جنبه‌های بارز و انجام اقدامات کنترلی لازم مطابق جدول شماره (۳) اقدام می‌شود.

جدول۳- رتبه‌بندی سطح ریسک [۲۴]

سطح پیامد	ضریب تخریب
پایین	۱- ۸
متوسط	۹-۱۴
بالا	۱۵-۲۰

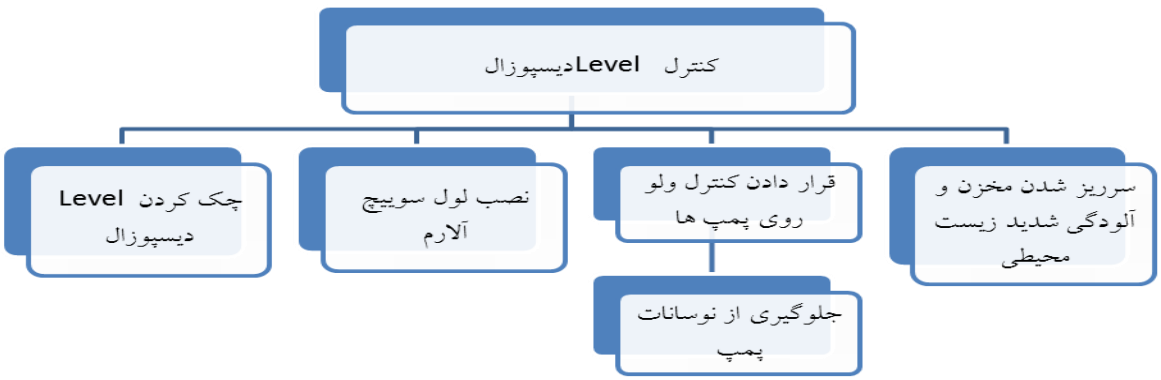
عدد ریسک ثانویه: عدد ریسک ثانویه از کنترل‌های پیشنهادی عدد شدت به جای پیامدهای وظایف شغلی محاسبه شد. عدد ریسک ثانویه در مواردی که کنترل‌های پیشنهادی برای وقوع یک پیامد وجود داشته باشد استفاده و باعث می‌شود که تا حدودی شدت و احتمال وقوع یک پیامد کاهش یابد. جدول شماره (۴) مربوط به علل به‌وجودآورنده این پیامدها است.

۳- نتایج و بحث

در این بررسی ابتدا با آنالیز وظیفه سلسله‌مراتب شغلی، هر یک از وظایف حساس به صورت دیاگرام رسم شد. سپس به شناسایی خطاهای انسانی زیر وظیفه‌ها برای هریک از وظایف پرداخته شد. شایان ذکر است که به علت زیاد بودن دیاگرام‌های روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی وظایف واحدهای نمک‌زدایی و تقویت فشار گاز مارون، در اینجا تنها به آوردن نمونه‌ای از وظیفه کنترل سطح دیسپوزال شکل شماره۲ اکتفا شد.

جدول۴- علل و عوامل بروز خطا [۲۴]

شناسه خطا	سؤالات راهنما	نوع خطا	علل و مکانیسم خطا
AT1	آیا علائم هشداردهنده صوتی یا تصویری مربوط به کاهش مقدار یا افزایش فشار در سیستم کوره به موقع ظاهر می‌شود؟	عمل انجام نمی‌شود، زودتر یا دیرتر از موعد مقرر انجام می‌شود	اشکال در زمان‌بندی ارسال علامت، لغزش حافظه
AI1	آیا علائم هشداردهنده به علت نقص الکترونیکی یا مکانیکی ظاهر نمی‌شود؟	عمل انجام نمی‌شود، زودتر یا دیرتر از موعد مقرر انجام می‌شود	اشکال در منبع ارسال علامت
AI2	آیا ممکن است کیفیت علامت ارسالی آنقدر پایین باشد که نتوان به آن اعتماد کرد (ضعیف بودن نور چراغ چشمک زن یا صدای زنگ اعلام خطر)؟	عمل انجام نمی‌شود	از علامت ارسالی با فرض کذب بودن آن چشم‌پوشی می‌شود
AI3	آیا چراغ راهنمای مربوط به ظاهر شدن به اندازه کافی نمایان است و در محل مناسبی بر روی تابلو کنترل قرار دارد به طوری که با موارد دیگر اشتباه گرفته نشود؟	عمل انجام نمی‌شود	علامت در معرض دید قرار ندارد و در نتیجه ردیابی نمی‌شود یعنی اپراتور متوجه علامت ارسالی نمی‌شود
AI4	آیا اپراتور برای ردیابی نقص ایمنی سیستم علاوه بر علائم هشدار دهنده صوتی و تصویری بر ارتباط شفاهی نیز متکی است ؟ برای مثال اپراتور کوره مادامی که مسئول سنجش بروز نقص در مدار کاهش و افزایش فشار یا دما یا گاز ورودی و ... را اطلاع ندهد قادر به ردیابی انحراف سیستم از وضعیت عادی نیست	عمل انجام نمی‌شود، زیادی دیر انجام می‌شود	اشکال در برقراری ارتباط به‌موقع و مناسب با بخش‌های دیگر، لغزش حافظه و فراموشی اپراتور

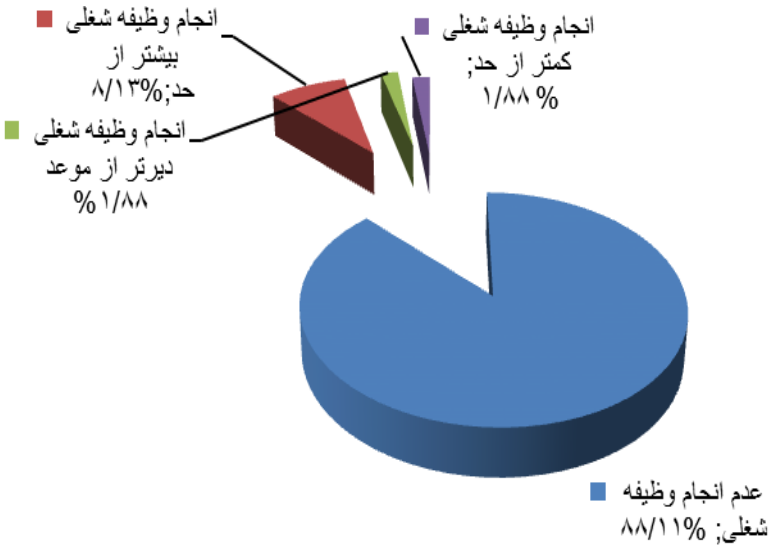


شکل ۲- تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی وظایف برای وظیفه کنترل سطح دیسپوزال (نگارنده، ۱۳۹۱)

خطای شناسایی‌شده عدم کنترل سطح دیسپوزال است. برای اینکه سطح دیسپوزال کنترل شود، باید مدام چک شود، درضمن، نیاز است که یک کلید اخطار روی آن نصب شود. همچنین روی پمپ‌ها یک دریچه برای جلوگیری و کنترل نوسانات پمپ نصب شود. عدم انجام این اعمال سرریز شدن مخزن دیسپوزال و آلودگی محیط‌زیست منطقه به‌ویژه آلودگی خاک را به همراه دارد. خطای شناسایی شده عدم کنترل سطح دیسپوزال است. کنترل سطح دیسپوزال با ریسک بالای زیست‌محیطی و بهداشتی رخ می‌دهد، که علت آن در معرض دید نبودن علامت ارسالی و در نتیجه ردیابی نشدن علامت به دلیل مشکلات سخت‌افزاری و عملکرد نادرست سیستم ابزار دقیقی که برای جلوگیری از این عمل کنترل دریچه بر فشار ورودی پمپ‌ها و جلوگیری از نوسانات قرار می‌دهند. در صورت عدم عملکرد این کنترل دریچه احتمال سرریز شدن مخزن دیسپوزال می‌رود این عمل آلودگی خاک را به همراه دارد، که پس از ورود نمک و نفت به خاک آلودگی شدید خاک اتفاق می‌افتد، خاک آلوده پس از بارندگی شسته شده و وارد آب رودخانه شده و آلودگی آب را نیز رقم می‌زند که این عمل باعث از بین رفتن لایه سطحی خاک شده و حاصل‌خیزی خاک آن منطقه را از بین می‌برد و با نفوذ به اعماق خاک آب زیرزمینی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد، و آلودگی آب علاوه بر تأثیر بر موجودات زنده آبزی، بر سلامتی انسان‌هایی که از این آب برای شرب استفاده می‌کنند نیز اثرگذار خواهد بود.

برای ارزیابی ریسک خطاهای انسانی در واحدهای نمک‌زدایی و تقویت فشار گاز مارون، شناسایی و تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی ریسک در قالب اجرای تکنیک هازوپ انسانی انجام شد. این پژوهش در راستای کاهش خطاهای انسانی و همچنین همگام شدن با سامانه‌های به‌روز مدیریتی صورت گرفت. در روش به‌کار گرفته‌شده، کلیه فعالیت‌ها و فرایندها در واحدهای مذکور بررسی شدند. با این روش می‌توان ریسک خطرات در واحدهای مذکور را به خوبی با هم مقایسه کرد و مسئولان با مشاهده نتایج به‌دست‌آمده از جدول‌های ارزیابی ریسک می‌توانند نقاط قوت و ضعف واحدهای مذکور را شناخته و به علت هر یک پی برده و در جهت رفع پارامترهای افزاینده ریسک و بهبود آنها اقدام کنند. جدول شماره (۵) نمونه‌ای از نتایج تجزیه و تحلیل روش هازوپ انسانی است که رتبه‌بندی خطرات با سطح ریسک بالا را نشان می‌دهد.

تجزیه و تحلیل برگه‌های کار هازوپ انسانی نشان داد که تعداد کل خطاهای شناسایی شده در ۶۰ وظیفه شغلی در قالب ۹۲ خطا بررسی شد، که عبارتند از: عدم انجام وظیفه شغلی با بالاترین (۸۸/۱۱٪)، انجام وظیفه شغلی بیشتر از حد (۸/۱۳٪)، انجام وظیفه شغلی دیرتر از موعد مقرر و انجام وظیفه شغلی کمتر از حد (۱/۸۸٪)



شکل ۳- خطاهای شغلی در هازوپ انسانی (نگارنده، ۱۳۹۱)

جدول ۵- رتبه‌بندی خطرات انسانی با سطح ریسک بالا (۲۰-۱۵) (نگارنده، ۱۳۹۱)

ردیف	وظیفه سرپرست	کلمه کلیدی	توصیف	علل	پیامد	کنترل‌های موجود	احتمال	شدت	عدد ریسک اولیه	کنترل‌های پیشنهادی	احتمال	شدت	عدد ریسک ثانویه
۱	عاری بودن داخل کمپرسور از مایعات	عدم انجام	ورود مایعات به درون کمپرسور گازی	علامت در معرض دید قرار ندارد و در نتیجه ردیابی نمی‌شود یعنی اپراتور متوجه علامت ارسالی نمی‌شود	بالا رفتن دمای و بدنه کمپرسور و نابود شدن کمپرسور	چک کردن مخازن ورودی گاز به کمپرسور و تخلیه بدنه کمپرسور قبل از راه‌اندازی	۴	۵	۲۰	ندارد	----	--	-------
۲	گرفتن اختلاف فشار روغن و گاز و رساندن آن به استاندارد ۵ PSI	عدم انجام	چک نکردن اختلاف فشار	علامت در معرض دید قرار ندارد و در نتیجه ردیابی نمی‌شود یعنی اپراتور متوجه علامت ارسالی نمی‌شود.	لرزش کمپرسور و بالا رفتن حرارت و برگشت گاز (سرج)	قلم ثبت‌کننده مقدار گاز ورودی به کمپرسور	۴	۵	۲۰	قرار دادن شیر آنتی سرج شیرکنترل	۳	۳	۹
۳	کنترل مقدار گاز ورودی به کمپرسور	عدم انجام	مقدار گاز ورودی نباید خیلی کم شود	اشکال در منبع ارسال علامت	مچاله شدن	قراردادن Valve Vacuum برای جلوگیری از مچاله شدن	۵	۴	۲۰	ندارد	----	--	------- --
۴	"	دیرتر انجام شود	مقدار گاز ورودی نباید خیلی کم شود	اشکال در منبع ارسال علامت	افزایش زیاد دمای گاز، دمای بدنه، یاتاقان‌ها و پروانه کمپرسور افزایش دمای توربین، فشار به سوییچ اخطار و از کار انداختن توربین	قلم ثبت‌کننده فشار خروجی کمپرسور	۵	۴	۲۰	۱) در صورت امکان، کم کردن دور کمپرسور ۲) قرار دادن شیر کنترل تنظیم‌کننده فشار	۱	۲	۲

ادامه جدول ۵- رتبه‌بندی خطرات انسانی با سطح ریسک بالا (۲۰-۱۵) (نگارنده، ۱۳۹۱)

ردیف	وظیفه سرپرست	کلمه کلیدی	توصیف	علل	پیامد	کنترل‌های موجود	احتمال	شدت	عدد ریسک اولیه	کنترل‌های پیشنهادی	احتمال	شدت	عدد ریسک ثانویه
۵	کنترل مقدار روغن توربین	عدم انجام	مقدار روغن توربین کنترل نمی‌شود	علامت در معرض دید قرار ندارد و در نتیجه ردیابی نمی‌شود یعنی اپراتور متوجه علامت ارسالی نمی‌شود.	خوردگی لوله‌ها و مخازن که احتمال نشتی و انفجار دارد	نشان‌دهنده Gag میزان تزریق مواد به سیستم در نقاط تزریق	۴	۵	۲۰	مخزن مواد ضدخورندگی و پمپ‌های تزریق در نظر گرفته شده است	۱	۲	۲
۶	چک کردن شیر کنترل	عدم انجام	تغییر حالت شیر کنترل اگر باز بسته و اگر بسته باشد باز می‌شود	اشکال در منبع ارسال علامت	احتمال آتش گرفتن گاز درون لوله‌ها به دلیل وجود اکسیژن	مراقبت از استارت شدن کمپرسور به دلیل اکسیژن‌زدایی	۴	۵	۲۰	قرار دادن شیر کنترل اکسیژن‌زدایی	۲	۲	۴
۷	چک کردن کمپرسور هوا	"	کمپرسور هوا و گیج کنترل نمی‌شود	اشکال در زمان‌بندی ارسال علامت، لغزش حافظه	احتمال آتش گرفتن گاز درون لوله‌ها و مخازن	مراقبت از استارت شدن کمپرسور به دلیل اکسیژن‌زدایی	۴	۵	۲۰	ندارد	----	----	-----
۸	افزایش فشار گاز خروجی کمپرسور	بیش از	فشار گاز کنترل نمی‌شود	اشکال در برقراری ارتباط به موقع و مناسب با بخش‌های دیگر، لغزش حافظه و فراموشی اپراتور	در صورت کم یا زیاد شدن فشار سوییچ‌های مربوطه توربین را از کار می‌اندازد	قلم ثبت‌کننده فشار گاز سوخت	۵	۴	۲۰	قرار دادن کنترل ولوهای تنظیم‌کننده فشار و تخلیه مایعات ناخواسته داخل مخزن	۲	۲	۴

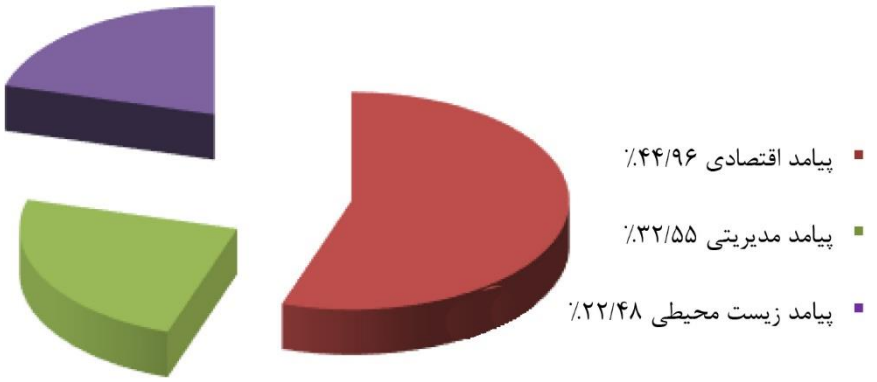
علل بروز ریسک‌ها یا خطای انجام شده از سوی پرسنل اتاق کنترل نیز ۹۶ مورد بوده که به ۴ دسته‌ی خطاهای انسانی با بالاترین رتبه ۴۱/۶۶ ٪ و با تعداد ۴۰ مورد، خطاهای مدیریتی با ۲۷/۰۸ و تعداد ۲۶ مورد خطاهای سخت افزاری با میزان ۱۶/۶۶و تعداد ۱۶ مورد و خطاهای طراحی با پایین‌ترین درصد ۱۴/۵۸٪ و تعداد ۱۴ مورد، طبقه‌بندی شدند (جدول ۶). خطاهای انسانی را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد:

خطاهایی که از پرسنل درگیر در اتاق کنترل واحدها اعم از اکیپ‌های بازرسی، اپراتورهای ایستگاه و حتی سرپرست واحد سر می‌زند، شامل فراموشی، سهل‌انگاری، عدم زمان‌بندی در انجام کار و دیگر موارد، تعداد خطاهای انسانی ۴۰ مورد است. ۲- خطاهایی که مربوط به بیرون از محدوده ایستگاه‌ها بوده و در رابطه با تجهیزاتی مانند توربین، کمپرسور، کلسر، نمک‌گیر، پری‌هیتر و ... است. خطاهای مدیریتی در قالب ۳ گروه تقسیم‌بندی شده‌اند، عدم زمان‌بندی، ۱۵ مورد؛ عدم توانایی در انجام کار، ۷ مورد؛ و عدم برقراری ارتباط، ۴ مورد. خطاهای سخت‌افزاری: اشکال در منبع ارسال علامت، ۸ مورد؛ نقص الکتریکی در پنل، ۳ مورد؛ نقص در دیدن علائم، ۵ مورد؛ خطاهای طراحی شامل قابل دید نبودن علائم ارسالی، ۱۱ مورد؛ نقص در طراحی وسایل و تجهیزات، ۳ مورد

جدول ۶- دسته‌بندی خطاها (نگارنده، ۱۳۹۱)

ردیف	خطاهای شناسایی‌شده	تعداد	درصد
۱	انسانی	۴۰	۴۱/۶۶
۲	مدیریتی	۲۶	۲۷/۰۸
۳	سخت افزاری	۱۶	۱۶/۶۶
۴	طراحی	۱۴	۱۴/۵۸
	جمع	۹۶	۱۰۰

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پیامد خطای انسانی حاکی از وجود ۱۲۹ پیامد است، که این پیامدها شامل ۳ دسته‌ی پیامدهای زیست‌محیطی، پیامدهای مدیریتی و پیامدهای اقتصادی هستند، و عبارتند از پیامدهای اقتصادی با بالاترین درصد (۴۴/۹۶٪)، پیامدهای مدیریتی (۳۲/۵۵٪) و پیامدهای زیست‌محیطی کمترین درصد (۲۲/۴۸٪) را دارند. (شکل ۴)



شکل ۴- پیامد خطاهای انسانی در هازوپ انسانی (نگارنده، ۱۳۹۱)

نتایج حاصل از علل بروز خطاها نشان داد که خطاهای انسانی بالاترین درصد را دارند، که به علت عدم آموزش مناسب به پرسنل اتاق کنترل درصد این خطاها بالاتر خواهد بود، و به دلیل قدیمی بودن واحد نمک‌زدایی در طراحی و سیستم سخت‌افزاری این واحد نقص وجود دارد و باید این نقایص رفع شوند.

۴- نتیجه‌گیری

همانطورکه بیان شد، هدف از انجام این بررسی ارزیابی و مدیریت ریسک خطاهای انسانی در اتاق کنترل واحدهای نمک‌زدایی و تقویت فشار گاز مارون است. برای دستیابی به این هدف پس از مطالعه درباره ی روش‌های مختلف ارزیابی ریسک خطاهای انسانی، روش هازوپ انسانی به دلیل آنکه برای شناسایی و طبقه‌بندی و همچنین قابلیت شناسایی خطاها موثرتر است، به عنوان روش کار انتخاب شد. به‌طورکلی روش هازوپ انسانی می‌تواند به عنوان یک روش مؤثر برای شناسایی خطاهای انسانی در واحدهای حساس پالایشگاه‌های نفت و گاز مورد استفاده قرار گیرد تا وقوع خطرات احتمالی ناشی از خطای انسانی پیش‌بینی و تصمیم منطقی گرفته شود. همچنین این روش در ارائه راهکارهای کنترلی عملی متناسب با نوع خطای شناسایی‌شده دقیق عمل می‌کند و می‌تواند در بالا بردن ایمنی، پیش‌گیری از حادثه و افزایش قابلیت اعتماد سیستم از طریق کاهش خطاهای انسانی کمک کند. این بررسی از

معدود پژوهش‌هایی است که به روش هازوپ انسانی صورت گرفته است. نتایج این بررسی با شناسایی انواع خطاهای ممکن، بر نقاط ضعف موجود در سیستم تاکید داشته و سطح ریسک هر یک از خطاهای شناسایی شده را تعیین کرده و کنترل‌های پیشنهادی را نیز برای کاهش سطح ریسک اولیه ارائه کرده و در نهایت سطح ریسک را بعد از به‌کارگیری این کنترل‌های پیشنهادی محاسبه کرده و مشاهده شده ،که میزان سطح ریسک تا چه اندازه کاهش نشان داده است. نتیجه مهم حاصل از این بررسی این است که با در نظر داشتن انواع خطاهای شناسایی‌شده و همچنین عوامل مؤثر بر آنها بیشترین نوع خطای شناسایی‌شده از نوع خطای انسانی بوده و در همین راستا برای کاهش این نوع خطاها سعی شده با اقدامات اصلاحی لازم از جمله اصلاح و هوشمندسازی نرم‌افزار کنترل فرآیند و انجام آموزش‌های مختلف فرصت رخداد خطای انسانی از اپراتور گرفته شود که این امر می‌تواند در کاهش ریسک غیرقابل‌قبول تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای داشته و عدد آن را از ۲۰ به ۸ و یا کمتر از آن برساند. این روش در صنایع مختلف به خصوص صنایع شیمیایی، نفت، گاز و پتروشیمی به خوبی قابل اجرا بوده و نتایج محاسبه سطح ریسک را پس از انجام اقدام اصلاحی نشان می‌دهد در صورتی که نقاط ضعف شناسایی شده در سیستم حذف یا به نحو مطلوبی کنترل شوند، میزان بروز خطاهای انسانی که می‌تواند به رخداد حوادث ناگوار منجر شوند به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابند.

محاسبه ریسک خطاهای انسانی مارون و بررسی علل بروز این خطاها با روش هازوپ انسانی حاکی از آن است که عدم انجام وظیفه شغلی با درصد (۸۸/۱۳٪)، به عنوان مهم‌ترین وظیفه شغلی و خطاهای انسانی با بالاترین درصد ۴۱/۶۶٪ مهم‌ترین علل بروز خطاهای شرکت نفت و گاز مارون را دارا هستند. در بررسی‌ای که توسط هورتن و همکاران انجام شد به این نکته اشاره می‌کنند: که مانند بررسی حاضر خطاهای انسانی به عنوان بیشترین فاکتورهای ایجاد کننده حادثه هستند. قاسمی و همکاران نیز مانند این پژوهش بیشترین خطاها را مربوط به عدم انجام وظیفه شغلی می‌دانند [۱۷]. کلتز نیز ۶۰ تا ۹۰ درصد حوادث را ناشی از خطای انسانی ذکر کرده است[۱۸]، و کاریوکی عامل بیش از ۸۰ درصد حوادث در صنایع شیمیایی و پتروشیمی را اشتباه و خطای انسانی می داند [۱۹]. همچنین وظایف شغلی خطرناک درشرکت مارون عبارتند از وظیفه شغلی کنترل مقدار گاز ورودی به کمپرسور و انجام وظیفه دیرتر از موعد است و علل بروز آن مشغله زیاد کاری و فراموشی اپراتور بوده که پیامد آن، نشت و یا انفجار بوده که منجر به سوزاندن گاز و تولید شعله می‌شود. جوزی و همکاران نیز در پژوهش خود، انفجار و آتش‌سوزی و وجود شعله را مهم‌ترین پیامد ریسک‌های بالا می‌دانند. بعد از شناسایی و کمّی‌سازی و اولویت‌بندی ریسک‌ها، نیاز به برنامه پاسخ به ریسک است،که راه‌های مقابله با ریسک‌ها را قبل از آن که به وقوع بپیوندد، بیان می‌کند. روش‌های متفاوتی برای پاسخ وجود دارند که عبارتند از: از بین بردن ریسک، تخفیف ریسک، انتقال ریسک و پذیرش ریسک. محمدفام و همکارانش نیز در پژوهش خود که به روش هازوپ انجام شد، ریسک‌ها را به ۳ دسته‌ی غیرقابل‌قبول با درصد (۴۵/۶٪)، نااایمن (۲۷/۱٪) و قابل قبول (۱۸/۶٪)، طبقه‌بندی کرده‌اند. [۲۲] در پژوهش حاضر نیز از هازوپ برای ارزیابی ریسک و شناسایی خطاهای انسانی استفاده شده است که ریسک‌های موجود در این بررسی به سه دسته تقسیم شده، که در مقایسه با بررسی محمدفام و همکاران ریسک‌ها به سطح پایین، متوسط و سطح بالا بین اعداد ۱تا ۲۰ قرار گرفتند.

پیشنهادها

تکنیک هازوپ انسانی در ارائه راهکارهای کنترلی دقیق عمل کرده و پیشنهادهایی به مدیریت سازمان می‌دهد از جمله آموزش پرسنل،تا به افراد آموزش لازم را که مناسب با سطح تحصیلات پرسنل، برای پیش‌گیری از خطاهای انسانی بدهد، که ارائه برنامه آموزش نقش مهمی در کاهش و کنترل عوامل ریسک دارد. از دیگر پیشنهادها، که یک راهکار اصلاحی نیز است، تعیین یک سری دستورعمل‌ها، برای انجام وظایف به طور صحیح در شرایط عادی و اضطراری است که باید در دسترس پرسنل باشد، این دستورعمل‌ها برای کاهش پیامد خطا و یا ریسک ثانویه مناسب است. از دیگر موارد بررسی علل به‌وجودآورنده خطاهای انسانی می‌توان به فراموشی، بی‌حوصلگی و نارضایتی پرسنل اشاره کرد. همچنین رعایت نکته‌های لازم در طراحی تجهیزات سخت‌افزاری می‌تواند امکان وقوع خطا را از بین ببرد، این مورد به عنوان راهکار اصلاحی محسوب می‌شود. نظارت صحیح و مناسب نیز می‌تواند خطاها و پیامدهای ناشی از آنها را کاهش دهد. از دیگر موارد می‌توان به لزوم کالیبراسیون منظم و بازرسی‌های دوره‌ای از

دستگاه‌های سنجش برای اطمینان از نگهداری و مراقبت مناسب از تجهیزات اشاره کرد. فرایند نظارت بر انجام وظایف شغلی در اتاق کنترل واحدهای نمک‌زدایی و تقویت فشار گاز مارون که بر عهده سرپرستان و یا نماینده آنهاست به عنوان یک راهکار استفاده می‌شود، و باید کنترل سیستم از طریق سمعی و بصری از طریق بورد و مستندات و همچنین حضوری در سایت صورت گیرد، تا بتوان هم ارتباط صحیح و مناسب را حفظ کرد و هم نظارت را به نحو احسن اجرا کرد. یکی از اقدامات کنترلی ضخامت‌سنجی لوله‌ها و مخازن است که به وسیله دستگاه مخصوص ضخامت‌سنج صورت می‌گیرد و قبل از سوراخ شدن مخازن یا لوله‌ها، ضخامت لوله‌ها بررسی شده و در مواردی که ضخامت آنها به ۳ میلی‌متر رسیده باشد اقدام به تعویض قسمت‌های فرسوده می‌شود. از دیگر اقدامات کنترلی انجام سرویس و تعمیر است که در ایستگاه تقویت فشار گاز هر ۵ سال یک بار و در واحد نمک‌زدایی این عمل برای برخی از تجهیزات هر ۲ سال یک بار و برخی دیگر هر ۳ سال یک بار صورت می‌گیرد و مانند تقویت فشار کل ایستگاه را خاموش نمی‌کنند.

تشکر و قدردانی

درپایان نویسندگان از مدیریت محترم شرکت بهره‌برداری نفت و گاز مارون و تمامی کارکنان پرتلاش و گرانقدر شرکت مراتب تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

پی‌نوشت‌ها

[1] Systematic Human Error Reduction & Prediction Approach
[2] Human Error Probability Index
[3] Human Error Template
[4] Technique for the Retrospective and Predictive Analysis of Cognitive Errors
[5] System for predictive Error Analysis and Reduction
[6] Human Error Identification in System Tool
[7] Human Errors Assessment and Reduction Technique
[8] Technique for Human Error Assessment
[9] Task Analysis for Error Identification
[10] T. A. Kletz
[11] HORTONDK
[12] Kariuki
[13] Failure Made & Effect Analysis
[14] Human-Hazard & Operability Analysis
[15] TWalking & Talking Through
[16] Hierarchical Task Analysis
[17] Annett
[18] Over hall

منابع

[1] Mustafa H. The Study of Human Errors in an Industrial Petrochemical Control Rooms Adopting CREAM Method, with a Cognitive Ergonomics Approach, Master science Thesis, University of social welfare and rehabilitation sciences Tehran. **2010**:310. [**In Persian**]

[2] Kerzner H. Project management a systems approach to planning scheduling and controlling, John Will & Sons, New Jersey.**2003**:420.

[3] Lee E, park Y, shin J. large engineering projected risk management using a Bayesian belief network. Expert systems with applications; **2008**; (36): 5880-5887.

[4] Eduljee GH. Trends in risk assessment and risk management. Sci Total Environ **2000**; **249**(1-3): 13-23.

[5] KappS.why job safety analysis work. National Safety Council, Safety & Health Publication, **1998**.p.220.

[6] Stanton N, Salmon P. Predicting Pilot Error on the Flight Deck Aerospace Science and Technology; **2005**; **9** (6):525-532.

[7] Kirwan B. Human error identification techniques for risk assessment of high risk systems-Part 1: Review andevaluation of techniques. ApplErgon **1998**; **29**(3): 157-77.

[8] Shorrock ST. Kirwan B. Development and application of a human error identification tool for air traffic control.ApplErgon **2002**; **33**(4): 319-36.

[9] Wiegmann DA. Shappell SA. A human error approach to aviation accident analysis: the human factors analysisand classification system. London: Ashgate Publishing, Ltd.; **2003**.p.380.

[10] Kim J. Jung W. Jang S. Wang J. A Case Study for the Selection of a Railway Human Reliability Analysis Method 2006.Proceedings of the 19th annual. International Railway; **2009** Sep 28-Oct 2; Bastad, Sweden; 2009.

[11] Baysari MT. Caponecchia C. McIntosh AS. Wilson JR. Classification of errors contributing to rail incidents andaccidents: A comparison of two human error identification techniques. Safety Science **2009**; **47**(7): 948-57.

[12] Habibi A. Gharib S. Mohammad fam I et al. Assessment and management of human errors in Refinery Control Room Operators using the SHERPA, Journal of Health Systems Research; **2010** VolVII, No. 4.

[13] Mohammadfam I. Nikoomaram H. Yosefi H. Assessment and management of human errors. Emergency assessment and management of human error in using the method: HEPI case study in are lated industry, power plant, Faculty of Health Sciences and of Jundi Shapur, Issue4. **2012** ;(4):129-136. [**In Persian**]

[14] Haji Hoseini A. Engineering human errors, Tehran: Fanavaran Publications; **2010**:179 [**In Persian**]

[15] Mohammadfam I. Safety Techniques Study Operations and Risk, Tehran: Second Edition Fanavaran Publications; **2005**: 58. [In **Persian**]

[16] Horton DK, Berkowitz Z, Kaye W E. Adverse Public health consequences from acute chlorine releases; **2002**: 43537. Accessed Nov 17

[17] Ghasemi M, Nasle seraji J, Zakeryan A. Ergonomic study (identification, prediction and control) human error in a control room Petrochemical using SHERPA; Journal of School Health; 2009 Volume8, Number1, Spring **2010**, Anstytand Health Research, p: 41- 52. [**In Persian**]

[18] Kltz A, Paul W. The Application of Active Database to the Problems of Human Error in Industry, Journal of Loss Prevention in the Process Industry; **2001**;(13):19-26.

[19] Kariuki SG, Löwe K. Integrating human factors into process hazard analysis, Reliability Engineering and Safety; **2007**; **92**(12): 1764-73.

[20] Jozi A, Shams Khuzani N. Environmental Risk Assessment of Thermal Power Plant Gas Modhej Zargan Ahvaz analysis failure modes and effects on the environment (FMEA), Fifth National Conference of the improvement of the environmental crisis.**2010**. [**In Persian**]

[21] Azadeh A. Mohammad Fam I. AzamAzadeh M. Integrated HSEE Management Systems for Industry: a Case Study in GAS Refinary; Journal of the Chinese Institute of Engineers; **2009**; **32:** 2.

[22] Mohammad fam I, Sajedi A, Mahmoudi S, Mohammad fam F. Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Health, University of Hamadan Medical Science; **2012**.

[23] Shepherd A. Hierarchical Task Analysis. Taylor &Francis, London; **2001**.

[24] Mohammad fam I. Enginerring Safety, Identfication technique, Assessment & Control Risks in Industrial Sites Tehran: Fanavaran Public.Fifth Edition; **2000**. **[In Persian]**