مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
مقاله پژوهشی
دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۲۲ تا ۳۰

بررسی علل رویدادهای ناشی از خطای انسانی در عملیات‌های تعمیر و نگهداشت در صنعت پتروشیمی با استفاده از HFACS

محمدرضا اژدری [۱]، غزاله منظمی تهرانی [۲،*]، احمد علی بابایی [۲]

[۱] کارشناسی ارشد، گروه ایمنی صنعتی، دانشکده سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی، تهران، ایران
[۲] استادیار، گروه ایمنی صنعتی، دانشکده سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی، تهران، ایران

* **نویسنده مسئول:** غزاله منظمی تهرانی، استادیار، گروه ایمنی صنعتی، دانشکده سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی، تهران، ایران. ایمیل: ghazaltehrani27@gmail.com

DOI: 10.21859/johe-03043

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۰۲

واژگان کلیدی:
خطای انسانی
پتروشیمی
تعمیر و نگهداشت
HFACS

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

مقدمه: این مطالعه به بررسی علل رویدادهای احتمالی ناشی از خطاهای انسانی در عملیات‌های تعمیر و نگهداشت صنعت پتروشیمی به کمک HFACS می‌پردازد و هدف آن پیش بینی و شناسایی این علل و ارائه اقداماتی به منظور کاهش و پیشگیری از آنهاست.

روش کار: در این مطالعه اداره تعمیرات شرکت پتروشیمی زاگرس واقع در عسلویه جهت بررسی انتخاب شد. چک لیستی از علل بروز رویدادهای ناشی از خطای انسانی بر اساس سطوح ۴ گانه و گروه‌های علتی ۱۹ گانه در HFACS تهیه گردید. سپس به کمک تکنیک HTA فعالیت‌ها و وظایف کاری تعیین و با استفاده از چک لیست، علل ۱۹ گانه در بروز خطاهای انسانی شناسایی و ثبت شد. سپس اولویت اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تحلیل برگه‌های کار ۴۴۴ فعالیت تعمیراتی نشان داد که در سطوح ۴ گانه HFACS، ۳۷/۶% از علل در سطح اعمال نا ایمن، ۲۷/۵% از علل در سطح نظارت و سرپرستی نا ایمن، ۲۰/۹% از علل در سطح پیش شرط‌های اعمال نا ایمن و ۱۴% از علل در سطح تاثیرات سازمانی قرار دارند. در گروه‌های علتی نیز خطاها با ۲۴/۳%، سرپرستی و نظارت ناکافی با ۱۴/۸% و تخلفات با ۱۳/۲%، بیشترین میزان علل را به خود اختصاص می‌دهد.

نتیجه گیری: بر طبق یافته‌ها، افزایش اثربخشی آموزش کارکنان و بهبود نظارت بر عملکرد کارکنان به ترتیب بیشترین نقش را در کاهش وقوع رویدادهای ناشی از خطای انسانی در عملیات‌های تعمیر و نگهداشت پتروشیمی دارند.

مقدمه

گسترش صنایع پتروشیمی و افزایش حوادث در این صنعت در سال‌های اخیر لزوم توجه به راه کارهایی جهت شناسایی و کنترل عوامل حادثه ساز را بیش از پیش آشکار می‌سازد. با توجه به نقش عامل انسانی و به ویژه خطای انسانی در بروز حوادث صنایع فرایندی شیمیایی، پرداختن به این مسئله از اهمیت زیادی برخوردار است [۱]. تعمیر و نگهداشت مجموعه‌ای از فعالیت‌های فنی، نظارتی و مدیریتی در چرخه عمر سیستم است که به منظور حفظ یا بازیابی سیستم به حالتی است که بتواند عملکرد مورد نیاز و مورد انتظار را اجرا نماید. خطا در برنامه ریزی، اجرا یا نظارت بر تعمیر و نگهداشت می‌تواند سبب نقص سیستم شود و در نتیجه در توقف عملیات واحد و وقوع حوادث بزرگ نقش به سزایی دارد. مدیریت خوب و اجرای مناسب تعمیر و نگهداشت برای افزایش قابلیت اطمینان سیستم حیاتی است و آسیب پذیری را کاهش می‌دهد. برخی پژوهش‌ها خطای انسانی را عامل اصلی نشت هیدروکربن‌ها در صنایع فرایندی می‌دانند [۲]. مطالعات نشان می‌دهد که خطای انسانی علت اصلی ۶۰ – ۹۰% حوادث بزرگ است [۳]. طبق تحقیقات انجام شده در خصوص حوادث صنعتی، خطای انسانی مسئول بیش از ۹۰% حوادث در صنایع هسته‌ای، بیش از ۸۰% حوادث در صنایع فرایندی، بیش از ۷۵% حوادث دریایی و بیش از ۷۰% حوادث هوانوردی است [۴]. بیشتر خطاهای انسانی در صنعت نفت و گاز ناشی از نقص در طراحی تجهیزات، نقص در سیستم‌های مدیریتی یا فرایندهای کاری است. شناسایی موقعیت‌هایی که خطا می‌تواند در آنها رخ دهد و حذف کردن آنها به کمک مداخلات مناسب، می‌تواند پتانسیل

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.21859/johe-03043]

خطـای انسـانی را کاهـش دهـد [۵]. مطالعـات عوامـل انسـانی نشـان داده کـه حـدود ۸۰% از علـل ریشـه‌ای حـوادث بـزرگ کـه بـر ایمنـی، محیـط زیسـت و یـا ارگونومـی تأثیـر گـذار بوده‌انـد، مرتبـط بـا خطـای انسـانی اسـت [۶]. عامـل انسـانی اصلی‌تریـن نقـش را در بـروز حـوادث دارد. علـت بیـش از ۸۰% حـوادث در صنایـع فراینـدی و پتروشـیمی، اشـتباهات و خطاهـای انسـانی می‌باشـد [۷]. نتایـج تجزیـه و تحلیـل علـل ریشـه‌ای حـوادث فراینـدی ایسـتگاه‌های گاز شـهری نشـان می‌دهـد کـه نـرخ وقـوع نقص‌هـای انسـانی در سـال بیـش از دو برابـر نـرخ وقـوع نقص‌هـای فراینـدی و مکانیکـی اسـت [۸]. کریمـی و همکارانـش در سـال ۱۳۹۴ بـا بررسـی خطاهـای انسـانی در آتـش بـاری معدن نشـان دادنـد کـه بیشـترین نـوع خطـای شناسـایی شـده از نـوع عملکـردی اسـت و آمـوزش و نظـارت مهم‌تریـن اقدامـات اصلاحـی جهـت کاهـش ایـن نـوع خطاهاسـت [۹]. بررسـی نقـش خطـای انسـانی در حـوادث صنایـع نیروگاهـی کشـور نشـان می‌دهـد کـه سـه پارامتـر رعایـت اصـول ایمنـی، سـن و آمـوزش مهم‌تریـن عوامـل در بـروز خطاهـای انسـانی مؤثـر در حـوادث بوده‌انـد و ۶۲% حـوادث، ناشـی از خطـای انسـانی اسـت [۱۰]. مطالعـه‌ای در صنعـت فـولاد کشـور جهـت شناسـایی خطاهـای انسـانی بـا اسـتفاده از تکنیـک (HFACS: Human Factor Analysis and Classification System) انجـام شـده کـه در آن ۱۵۸ حادثـه مربـوط بـه صنایـع فـولاد اهـواز بـا روش HFACS آنالیـز گردیـد. نتایـج نشـان داد کـه بیشـترین خطـای انسـانی مؤثـر در وقـوع حـوادث در سـطح ۱، خطـای مبتنـی بـر مهـارت، در سـطح ۲ محیـط فیزیکـی، در سـطح ۳ نظـارت ناکافـی و در سـطح ۴ مدیریـت منابـع اسـت. ایـن تحقیـق نشـان داد کـه بـا اسـتفاده از روش HFACS می‌تـوان علـل اصلـی و ریشـه‌ای حـوادث را شناسـایی و از تکـرار ایـن حـوادث و عواملـی کـه منجـر بـه بـروز حادثـه می‌شـوند، جلوگیـری نمـود. همچنیـن از نتایـج حاصـل از آنالیـز ایـن روش می‌تـوان بـه منظـور تدویـن و پـی ریـزی اسـتراتژی‌های پیشـگیری حـوادث در آینـده در صنعـت مذکـور اسـتفاده کـرد [۱۱]. چیـو و هسـیه در پژوهشـی در سـال ۲۰۱۶ بـه بررسـی فاکتورهـای خطـای انسـانی پنهـان در وظایـف تعمیـر و نگهداشـت صنعـت هوانـوردی بـا اسـتفاده از HFACS و (RCA: Root Cause Analysis) پرداختنـد. هـدف ایـن پژوهـش، بررسـی فاکتورهـای مرتبـط بـا خطـای انسـانی در وظایـف تعمیـر و نگهداشـت جهـت تهیـه یـک اسـتراتژی مؤثـر بهبـود، در مواجهـه بـا آن بـود. نتایـج ایـن تحقیـق نشـان داد کـه بـه ترتیـب ۱) وضعیت‌هـای فیزیولوژیکـی نامطلـوب ۲) محدودیت‌هـای جسـمانی/ذهنی و ۳) هماهنـگ سـازی، ارتباطـات و برنامـه ریـزی، فاکتورهـای مرتبـط بـا وظایـف تعمیـر و نگهداشـت هوایـی هسـتند کـه می‌بایسـت بـه شـکلی آسـان و کارآمـد مـورد بررسـی قـرار گیرنـد [۱۲].

آمـول و واکـر در پژوهشـی در سـال ۲۰۱۵ بـا اسـتفاده از HFACS مطالعـه‌ای بـر روی حـوادث حمـل و نقـل فراسـاحلی بـا رویکـرد سیسـتمی و بـا تمرکـز بـر شـرایط کاری و فرایندهـای سـازمانی انجـام دادنـد. در ایـن مطالعـه تاثیـرات بیـرون سـازمانی شـامل دولـت، قانـون گـذار، تولیـد کننـده، تاثیـرات اجتماعـی، زیسـت محیطـی، سیاسـی، اقتصـادی، مشـتری و غیـره کـه سـبب بـروز خطـا و ایجـاد اعمـال و موقعیت‌هـای نـا ایمـن می‌شـود در چهارچـوب HFACS گنجانـده شـد. نتایـج بیـان داشـت کـه بـه کار بـردن فاکتورهـای علتـی بیـرون سـازمانی طـی فراینـد تحقیـق و بررسـی حـوادث می‌توانـد سـودمند باشـد [۱۳]. ارگای و همکارانـش در سـال ۲۰۱۵ بـه بررسـی قابلیـت اطمینـان فراینـد HFACS در طبقـه بنـدی و تحلیـل عوامـل انسـانی مرتبـط بـا حـوادث و رویدادهـا پرداختنـد. نتایـج ایـن پژوهـش کـه بـه کمـک ۱۲۵ نفـر از متخصصیـن ایمنـی در صنایـع مختلـف و بـا اسـتفاده از محاسـبه آلفـای کریپنـدورف انجـام شـد نشـان داد کـه بـه طـور کلـی HFACS در سـطوح خـود پایـا بـوده و دارای قابلیـت اطمینـان اسـت [۱۴]. آنسـل و شـی در سـال ۲۰۱۲ در پژوهشـی فاکتورهـای علتـی مرتبـط بـا انسـان را در حـوادث هوایـی بـا اسـتفاده از مـدل HFACS بررسـی کردنـد و چهارچوبـی از نقـص عملکـرد خدمـه پـرواز بـر اسـاس ایـن مـدل ارائـه دادنـد. نتایـج ایـن تحقیـق نشـان داد کـه نقایـص موجـود در سـطح سـازمانی شـرکت‌های هواپیمایـی، اغلـب علـت اساسـی حـوادث مرتبـط بـا خدمـه پـرواز و تعمیـر و نگهداشـت اسـت [۱۵]. رشـید و همکارانـش در سـال ۲۰۱۰ در مقالـه‌ای پژوهشـی، تحلیـل آمـاری از ۵۸ حادثـه ایمنـی مرتبـط بـا تعمیـر و نگهداشـت بالگـرد جهـت شناسـایی سـامانه‌های بالگـردی کـه عمدتـاً در معـرض خطاهـای تعمیـر و نگهداشـت هسـتند، ارائـه کردنـد. در ایـن پژوهـش انـواع گوناگـون خطاهـای تعمیـر و نگهداشـت تعییـن گردیـد و علـل مرتبـط بـا عوامـل انسـانی در بـروز حـوادث بررسـی شـد. سـپس علـل ریشـه‌ای حـوادث ایمنـی بـا اسـتفاده از مـدل طبقـه بنـدی HFACS تعییـن شـد. نتایـج پژوهـش نشـان داد کـه درصـد زیـادی از حـوادث ناشـی از عواملـی اسـت کـه ریشـه در سـطوح سـازمانی و مدیریتـی دارنـد. خطاهـای فـردی کارکنـان تعمیـر و نگهداشـت نیـز سـهم زیـادی در ایـن عوامـل داشـت [۱۶]. HFACS یکـی از قدرتمندتریـن ابزارهـای بازسـازی نقـش انسـان در حـوادث مختلـف اسـت و بـه صـورت تئوریـک خطاهـا را شناسـایی و طبقـه بنـدی کـرده و پلـی بیـن تئـوری و عمـل ایجـاد می‌کنـد و بـر روی هـر دوی نقص‌هـای آشـکار و پنهـان و رابطـه درونـی آنهـا تمرکـز دارد [۱۷]. ایـن مـدل بـه فراوانـی در

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.21859/johe-03043]

بررسی حوادث هوایی و تعمیر و نگهداشت صنعت هوانوردی، حوادث کارخانه‌های کشتی سازی و تحقیقات سوانح ریلی استفاده می‌شود و به عنوان چهارچوبی برای بررسی حوادث تعمیر و نگهداشت پیشنهاد شده است [۱۸]. بنابراین در این پژوهش بررسی علل رویدادهای ناشی از خطای انسانی در عملیات‌های تعمیر و نگهداشت در صنعت پتروشیمی با استفاده از روش HFACS مد نظر قرار گرفت.

روش کار

مطالعه حاضر یک مطالعه موردی است که در واحدهای زیر مجموعه اداره تعمیر و نگهداشت شرکت پتروشیمی زاگرس واقع در عسلویه اجرا شد. برای جمع آوری و ثبت داده‌های مورد نیاز از برگه کاری که بدین منظور طراحی شده بود استفاده گردید. جمع آوری داده‌ها به کمک مشاهده عملیات‌ها، مصاحبه با کارشناسان و تکنسین‌های تعمیر و نگهداشت، بررسی اسناد و مدارک فنی، روش‌های اجرایی، دستورالعمل‌های کاری و همچنین سوابق رویدادها انجام شد. با توجه به اینکه هدف از انجام این مطالعه پیش بینی وشناسایی علل رویدادهای احتمالی ناشی از خطاهای انسانی در عملیات‌های تعمیر و نگهداشت در صنعت پتروشیمی بوده است، وظایف شغلی و واحدهای اداره تعمیر و نگهداشت مورد شناسایی قرار گرفتند که عبارت بودند از واحد برنامه ریزی تعمیرات، واحد مراقبت وضعیت (CM: Condition Monitoring)، واحد تعمیرات برق، واحد تعمیرات ابزار دقیق، واحد تعمیرات مکانیکی و واحد سرویس‌های تعمیراتی. بررسی با استفاده ازچک لیست HFACS و تکمیل برگه‌های کاری در این واحدها انجام شد. سیستم تحلیل و طبقه بندی عوامل انسانی معروف HFACS (Human Factor Analysis and Classification System) چهارچوبی است که علل انسانی یک حادثه را شناسایی کرده و ابزاری جهت کمک به فرایند تحقیق، آموزش و اقدامات پیشگیرانه است. HFACS مبتنی بر مدل خطای انسانی معروف به پنیر سوئیسی است که خطاهای فعال و نقایص نهفته را در چهار سطح اعمال نا ایمن (خطاها و تخلفات)، پیش شرایط اعمال نا ایمن (عوامل محیطی، شرایط اپرتور، عوامل فردی)، نظارت و سرپرستی نا ایمن و تاثیرات سازمانی بررسی می‌کند. HFACS چهارچوب جامعی از خطای انسانی است که ۱۹ گروه علتی را در چهار سطح اشاره شده تعریف می‌کند (جدول ۱). این گروه‌ها عبارتند از: خطاهای مهارتی، خطاهای تصمیم گیری، خطاهای ادراکی، تخلفات روتین، تخلفات استثنایی، محیط فیزیکی، محیط تکنولوژیکی، حالت ذهنی نامطلوب، حالت فیزیولوژیکی نامطلوب، محدودیت‌های جسمانی/ذهنی، مدیریت منابع انسانی، آمادگی فردی، سرپرستی و نظارت ناکافی، برنامه ریزی نامناسب عملیات، عدم اصلاح مشکل شناخته شده، تخلف نظارتی، مدیریت منابع، جو سازمانی، فرایند عملیاتی [۱۴].

جدول ۱: علل خطای انسانی بر مبنای HFACS [۱۴]

سطح خطا		علت خطا
اعمال نا ایمن	خطاها	خطاهای مهارتی خطاهای تصمیم گیری خطاهای ادراکی
	تخلفات	تخلفات روتین تخلفات استثنایی
پیش شرایط اعمال نا ایمن	عوامل محیطی	محیط فیزیکی محیط تکنولوژیکی
	شرایط اپراتور	حالت های ذهنی نامطلوب حالت های فیزیولوژیک نامطلوب محدودیت جسمانی/ذهنی
	عوامل فردی	مدیریت غلط منابع انسانی آمادگی فردی
نظارت و سرپرستی نا ایمن		سرپرستی و نظارت ناکافی برنامه ریزی نامناسب عملیات عدم اصلاح مشکل شناخته شده تخلفات نظارتی
تاثیرات سازمانی		مدیریت منابع جو سازمانی فرایند عملیاتی/ سازمانی

تعداد شاغلین در واحد تعمیرات ۲۹۷ نفر بود که در نوبت‌های کاری ۱۲ ساعته اقماری (به صورت ۲ هفته کار و یک هفته استراحت) و ۸ ساعته غیر اقماری مشغول به کار هستند. از این تعداد ۱۹۶ نفر روزکار و ۱۰۱ نفر نوبت کار به صورت یک هفته شب کار، یک هفته روزکار و یک هفته استراحت، به کار مشغولند. با مشخص بودن حجم جامعه مورد مطالعه، حجم نمونه با استفاده از رابطه کوکران با خطای ۵ درصد محاسبه گردید که مقدار آن برابر با ۱۶۷/۷۴۸ شد. به منظور تدوین چک لیست این مطالعه، ابتدا از علل خطاهای انسانی تعمیر و نگهداشت که در دو سند راهنمای (Health and Safety Executive: Improving maintenance a guide to reducing human error) HSE انگلستان [۱۹] و راهنمای تعیین خطای انسانی در تعمیر و نگهداشت شرکت بوئینگ (MEDA: Maintenance Error Decision Aid (MEDA) User's Guide)

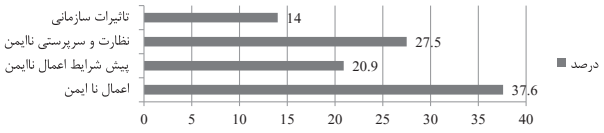
[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.21859/johe-03043]

[۲۰] ارائه شده است، معیارهای متناسب انتخاب و در هریک از لایه‌ها و گروه‌های چهارچوب سیستم تحلیل و طبقه بندی خطای انسانی (HFACS) طبقه بندی شد و سپس به کمک آن چک لیست تعیین علل خطای انسانی بر مبنای چهارچوب HFACS و چک لیست توصیف شناسه‌های علل خطاها در تعمیر و نگهداشت بر مبنای چهارچوب HFACS متناسب با صنعت مورد مطالعه، تهیه گردید. به منظور اطمینان از روایی و اعتبار چک لیست مورد استفاده در این مطالعه، روایی صوری و روایی محتوایی چک لیست مورد آزمون قرار گرفت و اصلاحات لازم اعمال گردید. بدین منظور از نسبت روایی محتوایی (CVR: Content Validity Ratio) و شاخص روایی محتوایی (CVI: Content Validity Index) استفاده شد. از ۶ نفر متخصص خواسته شد که به آیتم‌های چک لیست امتیاز دهند. حداقل میزان قابل قبول CVR برای آیتم‌های چک لیست ۰/۹۹ بود. آیتم‌های کمتر از این مقدار از چک لیست کنار گذاشته شدند. مقدار CVR در چک لیست اصلاح شده نهایی برای هر آیتم برابر ۱ شد. پذیرش آیتم‌ها براساس نمره CVI بالاتر از ۰/۷۹ بود. آیتم‌های کمتر از این مقدار حذف شدند. میانگین شاخص CVI برای چک لیست برابر با ۰/۹۴۳ به دست آمد. پس از اطمینان از روایی چک لیست، در مرحله بعد تمامی وظایف و فعالیت‌های تعمیر و نگهداشت به روش آنالیز سلسله مراتبی وظیفه (HTA: Hierarchical Task Analysis) شناسایی و تعیین گردید. ۴۴۴ فعالیت مهم از نظر بروز خطای انسانی مشخص گردید. سپس با استفاده از چک لیست و با بررسی و مشاهده فعالیت‌های ۱۶۸ نفر نمونه انتخابی و مصاحبه با آنها، بررسی مستندات کاری، گزارش سوابق حوادث و رویدادهای مرتبط با آنها، علل بروز رویدادهای ناشی از خطاهای انسانی بر اساس هریک از آیتم‌های چک لیست تعیین شدند و سطح ریسک ناشی از هر خطا و پیامد آن با استفاده از استاندارد MIL-STD-۸۸۲۱۳ مورد ارزیابی کیفی قرار گرفت. در این استاندارد دسته بندی خطرات از نظر شدت به چهار دسته فاجعه بار، بحرانی، مرزی و جزئی طبقه بندی می‌شود و احتمال وقوع خطر به پنج دسته مکرر، محتمل، گاه به گاه، خیلی کم و غیرمحتمل طبقه بندی می‌گردد. شاخص ریسک پیامد ناشی از هر خطا از ضرب این دو (شدت و احتمال) تعیین و سپس معیار تصمیم گیری بر اساس شاخص ریسک مشخص گردید. معیارهای تصمیم گیری در این استاندارد شامل غیرقابل قبول، نامطلوب، قابل قبول اما نیازمند تجدید نظر، قابل قبول (ایمن) هستند. نتایج حاصل در برگه‌های کاری ثبت علل خطای انسانی و ارزیابی ریسک پیامدهای ناشی از آن که بدین منظور طراحی شده بود ثبت و راهکارهای پیشنهادی کاهش خطا در فعالیت‌های تعمیر و نگهداشت با توجه به نتایج ارزیابی ریسک آنها برای شاخص‌هایی که در گروهی غیر از طبقه قابل قبول (ایمن) قرار می‌گرفتند، ارائه گردید.

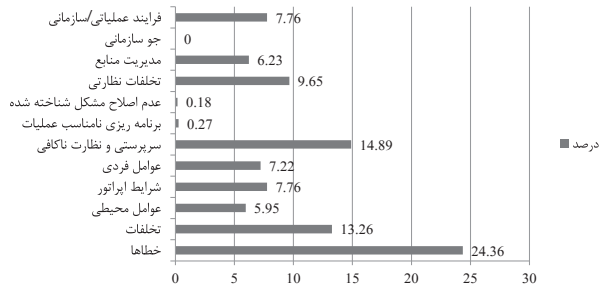
یافته‌ها

همانطور که تصویر ۱ نشان می‌دهد، در ۴۴۴ فعالیت تعمیرات و نگهداشتی که به کمک روش HTA شناسایی و در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، اعمال نا ایمن (۳۷/۶%)، نظارت سرپرستی نا ایمن (۲۷/۵%)، پیش شرایط اعمال نا ایمن (۲۰/۹%) و تاثیرات سازمانی (۱۴%) به ترتیب بیشترین درصد فراوانی علل را در سطوح ۴ گانه HFACS تشکیل می‌دهند.



تصویر ۱: درصد فراوانی علل خطاهای انسانی در تعمیر و نگهداشت در سطوح ۴ گانه HFACS

همچنین همانطور که تصویر ۲ و جدول ۲ نشان می‌دهند، خطاهای فردی (۲۴/۳۶%)، سرپرستی و نظارت ناکافی (۱۴/۸۹%)، تخلفات فردی (۱۳/۲۶%)، تخلفات نظارتی (۹/۶۵%)، شرایط اپراتور و فرایندهای عملیاتی و سازمانی (۷/۷۶%)، عوامل فردی (۷/۲۲%)، مدیریت منابع (۶/۲۳%)، عوامل محیطی (۵/۹۵%) و سایر علل زیرگروهی HFACS (کمتر از ۰/۵%) به ترتیب بیشترین علل رویدادهای ناشی از خطای انسانی را تشکیل می‌دهند.



تصویر ۲: درصد فراوانی علل خطاهای انسانی در تعمیر و نگهداشت در زیرگروه‌های HFACS

در سطح یک HFACS، خطاهای ادراکی و تخلفات روتین به ترتیب دارای بیشترین فراوانی و خطاهای تصمیم گیری دارای

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.21859/johe-03043]

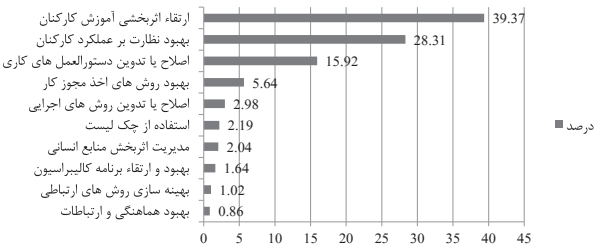
کمترین فراوانی هستند. در سطح دوم، علل ناشی از حالت‌های نامطلوب ذهنی و آمادگی فردی بیشترین فراوانی و علل ناشی از حالت‌های فیزیولوژیک نامطلوب کمترین فراوانی را دارند. در سطح سوم، علل ناشی از سرپرستی و نظارت ناکافی دارای بیشترین فراوانی و علل ناشی از عدم اصلاح مشکلات شناسایی شده دارای کمترین فراوانی است. در سطح چهار، علل ناشی از فرایندهای عملیاتی و سازمانی و مدیریت منابع بیشترین فراوانی و علل ناشی از جو سازمانی کمترین فراوانی را دارند (جدول ۲). در این مطالعه اقدامات اصلاحی و پیشنهادی به منظور پیشگیری یا کاهش بروز علل رویدادهای ناشی از خطای انسانی بر اساس فراوانی خطاها و اولویت ریسک آنها، در ۱۰ گروه طبقه بندی گردید. این اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه به ترتیب فراوانی عبارتند از: ۱) ارتقاء اثربخشی آموزش کارکنان (۳۹/۳۷%)، ۲) بهبود نظارت بر عملکرد کارکنان (۲۸/۳۱%)، ۳) اصلاح یا تدوین دستورالعمل‌های کاری (۱۵/۹۲%)، ۴) بهبود روش‌های اخذ مجوز کار (۵/۶۴%)، ۵) اصلاح یا تدوین روش‌های اجرایی (۲/۹۸%)، ۶) تهیه و استفاده از چک لیست (۲/۱۹%)، ۷) مدیریت اثربخش منابع انسانی (۲/۰۴%)، ۸) بهبود و ارتقاء برنامه کالیبراسیون تجهیزات اندازه گیری (۱/۶۴%)، ۹) بهینه سازی روش‌های ارتباطی (۱/۰۲%)، و ۱۰) بهبود هماهنگی و ارتباطات درونی و بیرونی با سایر واحدها (۰/۸۶%) (تصویر ۳).

جدول ۲: فراوانی و درصد علل خطای انسانی در فعالیت‌ها (N = ۴۴۴)

زیر گروه HFACS	فرکانس	درصد
سطح ۱		
خطاهای مهارتی	۷۳	۵۸/۶
خطاهای تصمیم گیری	۴۹	۴۲/۴
خطاهای ادراکی	۱۴۸	۳۵/۱۳
تخلفات روتین	۹۲	۳/۸
تخلفات استثنایی	۵۵	۹۶/۴
سطح ۲		
محیط فیزیکی	۲۰	۸/۱
محیط تکنولوژیکی	۴۶	۱۵/۴
حالت‌های ذهنی نامطلوب	۶۹	۲۲/۶
حالت‌های فیزیولوژیک نامطلوب	۰	۰
محدودیت جسمانی/ذهنی	۱۷	۵۳/۱
مدیریت منابع انسانی	۱۸	۶۲/۱
آمادگی فردی	۶۲	۵۹/۵
سطح ۳		
سرپرستی و نظارت ناکافی	۱۶۵	۸۹/۱۴
برنامه ریزی نامناسب عملیات	۳۰	۷/۲
عدم اصلاح مشکل شناخته شده	۲	۱۸/۰
تخلفات نظارتی	۱۰۷	۶۵/۹
سطح ۴		
مدیریت منابع	۶۹	۲۲/۶
جو سازمانی	۰	۰
فرایند عملیاتی/ سازمانی	۸۶	۷۶/۷

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.21859/johe-03043]



تصویر ۳: فراوانی عناوین پیشنهادی جهت برنامه ریزی مدیریتی و اولویت بندی اجرای اصلاحات

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که سطح یک HFACS (اعمال نا ایمن) بیشترین علت را در بروز رویدادهای ناشی از خطای انسانی در عملیات‌های تعمیر و نگهداشت به خود اختصاص می‌دهد و پس از آن سطح سه HFACS (نظارت و سرپرستی نا ایمن)، سطح دو HFACS (پیش شرط‌های اعمال نا ایمن) و سطح چهار HFACS (تاثیرات سازمانی) به ترتیب بیشترین علل بروز رویدادهای ناشی از خطای انسانی را تشکیل می‌دهند. دلایل بیشترین فراوانی در سطح یک (اعمال ناایمن)، می‌تواند وجود تصمیمات غلط اپراتور بر مبنای اطلاعات درک شده اشتباه ناشی از عدم کسب مهارت، تجربه یا دانش کافی (نبود آموزش یا پایین بودن اثربخشی آموزش) و نادیده گرفته شدن برخی از تخلفات اپرتورها توسط سازمان باشد که آنها را به عنوان عادات رفتاری پذیرفته است. کوتاهی سرپرستان در راهنمایی، آموزش، رهبری و انگیزش به منظور اطمینان از اجرای ایمن کار و مشاهده مواردی که در آن قوانین و مقررات موجود عمداً توسط سرپرستان نادیده گرفته می‌شود به عنوان مثال عدم اعمال قوانین و مقررات ایمنی، مجاز دانستن کار با وجود شرایط مخاطره آمیز یا مستند سازی ناکافی از دلایلی است که سبب شده سطح سه (نظارت و سرپرستی ناایمن) در رتبه بعدی به لحاظ فراوانی قرار بگیرد. در سطح ۱خطاهای ادراکی (۱۳/۳ درصد)، در سطح ۲ محیط فیزیکی (۸/۶ درصد)، در سطح ۳ نظارت ناکافی (۱۴/۸ درصد) و در سطح ۴ فرایند عملیاتی/سازمانی (۷/۷ درصد) علت اصلی وقوع حوادث ناشی از خطای انسانی در تعمیر و نگهداشت می‌باشند. در پژوهش شیرالی و همکارانش که به شناسایی خطاهای انسانی در صنایع فولاد با استفاده از روش HFACS پرداخته‌اند نیز، اعمال نا ایمن اپراتورها بیشترین خطاها را به خود اختصاص داده‌اند و بیشترین خطاهای انسانی در سطح ۱خطای مبتنی بر مهارت (۵۱/۹ درصد)، در سطح ۲ محیط فیزیکی (۲۹/۱ درصد)، در سطح ۳ نظارت ناکافی (۳۸/۶ درصد) و در سطح ۴ مدیریت منابع (۲۲/۱ درصد) علت اصلی وقوع حوادث در صنایع فولاد بودند [۱۱]. گونگ و فن در سال ۲۰۱۶ روش HFACS را برای آنالیز یکی از حوادث صنعت پتروشیمی (انفجار کارخانه Bi-Benzen) با هدف آنالیز حادثه و طبقه بندی فاکتورهای انسانی مؤثر در بروز حادثه به کار بردند و نشان دادند که روش HFACS برای آنالیز حادثه بسیار مفید و عملی بوده و عوامل انسانی را به منظور تحلیل علت وقوع به وضوح طبقه بندی کرده است. در پژوهش آنها عللی در هر چهار سطح HFACS شناسایی شد [۲۱]. نتایج مطالعه حاضر مشابه نتایج حاصل از تحقیق امول و واکر در سال ۲۰۱۵ است که بر روی حوادث حمل و نقل فراساحلی گزارش شده در دو کشور نیجریه و انگستان با استفاده از چهارچوب HFACS انجام شد و در آن بیشترین علل بروز خطاهای منجر به حادثه را اعمال نا ایمن تشکیل می‌داد [۱۳]. مقایسه نتایج به دست آمده در این مطالعه با نتایج بررسی ۵۰۸ رویداد و حادثه در سال ۲۰۱۰ در معادن کوییزلند استرالیا که با استفاده از HFACS انجام گرفت، نشان می‌دهد که در هر دو مطالعه، اعمال نا ایمن بیشترین تعداد فراوانی را در حوادث و رویدادها دارند و پیش شرایط اعمال نا ایمن نیز درصد بالایی از علل را به خود اختصاص می‌دهد [۲۲]. در مطالعه‌ای که توسط لی یانگ تینگ و مین دای در سال ۲۰۱۱ انجام شد، با استفاده از روش‌های آماری ارتباط بین سطوح HFACS در ۵۴۵ گزارش حادثه بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۸ میلادی در صنعت هوانوردی بررسی شد و به این نتیجه رسیدند که تصمیم گیری‌های اشتباه در سطوح بالاتر مدیریت با ایجاد پیش شرایط برای وقوع اعمال نا ایمن و ناشایستگی‌ها در سطوح دوم تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی خطای انسانی در سطح اول داشته است. طبق نتایج به دست آمده ۴۱/۱% رویدادها ناشی از اعمال نا ایمن، ۳۱/۱% رویدادها در اثر پیش شرایط اعمال نا ایمن، ۱۴/۹% رویدادها در اثر تاثیرات سازمانی و ۱۲/۹% رویدادها ناشی از نظارت و سرپرستی نا ایمن بوده است که با مقایسه آن با نتایج مطالعه حاضر در می‌یابیم که در هر دو مطالعه اعمال نا ایمن بیشترین علت را داشته و به همراه پیش شرایط اعمال نا ایمن، بیش از نیمی از علل را به خود اختصاص داده‌اند [۲۳]. در تحقیق دیگری که توسط متین سلیک و سلجوق سبی در سال ۲۰۰۹ انجام شد، حادثه انفجار بویلر یک کشتی باری به کمک HFACS تحلیلی به منظور تعیین نقش خطاهای انسانی در حوادث کشتیرانی بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در سطح ۱

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.21859/johe-03043]

خطاهای مهارتی، در سطح ۲ محیط تکنولوژیکی، در سطح ۳ سرپرستی و نظارت ناکافی و در سطح ۴ فرایندهای سازمانی اصلی‌ترین علل حادثه را تشکیل می‌دادند [۲۴]. همانگونه که تصویر ۲ نشان می‌دهد، خطاها، تخلفات و سرپرستی و نظارت ناکافی عمده‌ترین دلایل بروز رویدادهای ناشی از خطای انسانی را تشکیل داده‌اند. همچنین مطابق تصویر ۳، بهبود و ارتقاء اثربخشی آموزش کارکنان، بهبود نظارت بر عملکرد کارکنان و اصلاح و تدوین دستورالعمل‌های کاری عمده‌ترین اقدامات اصلاحی را به منظور پیشگیری یا کاهش بروز خطای انسانی در تعمیر و نگهداشت تشکیل می‌دهند. مطلعات نشان می‌دهد که افزایش آگاهی و دانش کارکنان نسبت به موضوعات ایمنی منجر به افزایش رفتارهای ایمن آنها در محیط کار می‌شود [۲۵]. در این میان نقش آموزش و نظارت بسیار برجسته‌تر است که لزوم توجه بیشتر به آنها خصوصاً توجه به افزایش اثربخشی آموزش‌های تخصصی را نشان می‌دهد. قاسمی و همکارانش در سال ۱۳۹۴ خطاهای انسانی در فرایند صدور پروانه کار جهت فعالیت‌های تعمیر و نگهداشت در یک شرکت پتروشیمی را مورد مطالعه و طبقه بندی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که حدود ۴۰ درصد از کل خطاها، رفتاری و ناشی از کمبود مهارت است لذا توجه به مهارت‌های رفتاری در آموزش‌ها و افزایش اثربخشی در این حوزه تاثیرگذار است [۲۶]. با در نظر گرفتن ساختار سازمانی تعمیرات و نگهداشت در صنایع پتروشیمی، نظارت دائم و مستقیم سرپرستان فعالیت‌های اجرایی نقش بسیار مهمی در رعایت الزامات ایمنی و پیروی کامل از دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی دارد. کاربرد چهارچوب HFACS در این پژوهش بیشتر متکی بر اقدامات یا اعمال آشکار و توالی اعمال اپراتور یا سرپرست مربوطه بوده است. سایر محدودیت‌های موجود در این تحقیق، زمان بر بودن اجرا به دلیل نیاز به وجود داده‌های دقیق و با جزئیات بود. همچنین داشتن دانش کافی و تخصصی از فرایندهای تعمیر و نگهداشت ایجاب می‌کرد که از نظرات کارشناسان این حوزه استفاده شود که در برخی از فعالیت‌ها این دانش به طور کامل کسب نگردید.

نتیجه گیری

در این تحقیق به بررسی خطای انسانی در تعمیرات و نگهداشت در صنعت پتروشیمی با استفاده از چهارچوب مدل HFACS به دلیل توانمندی آن در شناسایی و طبقه بندی نواقص پنهان و آشکار و کاربرد اختصاصی آن در این حوزه پرداخته شده است. با توجه به گسترش این صنعت در کشور و افزایش آمار حوادث آن در سال‌های اخیر می‌توان از نتایج به دست آمده جهت شناخت علل رویدادها و حوادث ناشی از خطاهای انسانی و کنترل وکاهش آن‌ها در عملیات‌ها و فعالیت‌های تعمیر و نگهداشت در صنعت پتروشیمی استفاده کرد. طبق نتایج به دست آمده، آموزش، نظارت و استفاده از دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی، سه اصل مهم و اساسی در پیشگیری یا کاهش بروز خطاهای انسانی است. این مطالعه نشان داد که به کارگیری چهارچوب و سطوح مختلف HFACS با رویکرد پیش بینی و شناسایی علل خطاهای انسانی که می‌توانند منجر به بروز رویدادها و حوادث گردند، می‌تواند مؤثر باشد و قابلیت اجرا در بخش‌ها و عملیات‌های صنعتی را دارد. استفاده از این روش در تعیین و الویت بندی اقدامات اصلاحی مفید بوده و می‌توان اقدامات اصلاحی مهم و حیاتی را جهت کاهش بروز خطاهای انسانی تعیین نمود. به کارگیری این نوع رویکرد نیازمند بهره مندی از متخصصان و کارشناسان خاص هر عملیات یا فعالیت صنعتی است که مطالعه در آن انجام می‌شود. در این تحقیق انتخاب معیارهای خطای انسانی برای زیرگروه‌های HFACS محدود به معیارهای اشاره شده در دو راهنمای HSE انگلستان و شرکت بوئینگ بوده است لذا در مطالعات آتی می‌توان با به کار بردن معیارهای توصیه شده توسط سایر مراجع و محققین، فراگیری و توسعه نتایج حاصل را ارتقاء داد.

سپاسگزاری

از شرکت پتروشیمی زاگرس و گروه ایمنی صنعتی دانشکده سلامت، ایمنی و محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی که در این پژوهش ما را یاری نمودند صمیمانه سپاسگزاریم.

REFERENCES

1. mentioned N. [Human error is one of the main causes of recent accidents in petrochemical industry] Iran2015 [cited 2015 Aug 20]. Available from: http://www.shana.ir/fa/newsagency/267236.
2. Peng G. [On the human error in maintenance: risk potential and mitigation]. Norway: University of Stavanger; 2014.
3. Reinach S, Viale A. Application of a human error framework to conduct train accident/incident investigations. Accid Anal Prev. 2006;38(2):396-406. DOI: 10.1016/j.aap.2005.10.013 PMID: 16310153
4. Jahangiri M, Hoboubi N, Rostamabadi A, Keshavarzi S, Hosseini AA. Human Error Analysis in a Permit to Work System: A Case Study in a Chemical Plant. Saf Health Work. 2016;7(1):6-11. DOI: 10.1016/j.shaw.2015.06.002 PMID: 27014485
5. Attwood D, Deeb J, Danz-Reece M. Ergonomic solutions for the process industries. 1st ed. New York: Elsevier; 2004.
6. Hu W-L, Meyer JJ, Wang Z, Reid T, Adams DE, Prabnakar S, et al. Dynamic Data Driven Approach for Modeling Human Error. Procedia Comput Sci. 2015;51:1643-54. DOI: 10.1016/j.procs.2015.05.298
7. Mahdavi S, Farsani EH, Taajvar A. [Identification and assessment of human error due to design in petroleum refinery sour water equip-

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.21859/johe-03043]

ment damage by SHERPA]. J Health Saf Work. 2013;2(4):61-70.
8. Khosravirad F, Zarei E, Mohammadfam I, Shoja E. [Analysis of Root Causes of Major Process Accident in Town Border Stations (TBS) using Functional Hazard Analysis (FuHA) and Bow tie Methods]. J Occup Hyg Eng. 2014;1(3):19-28.
9. Karimi S, Mirzaei Aliabadi M, Mohammad Fam I. [Using SHERPA to identify and assess human errors during blasting in an iron ore mine]. J Occup Hyg Eng. 2015;2(1):57-65.
10. Omidvari M, Garmaroudi MR. [Analysis of human error in occupational accidents in the power plant industries using combining innovative FTA and meta-heuristic algorithms]. J Health Saf Work. 2015;5(3):1-12.
11. Shirali GA, Karami E, Goodarzi Z. [Human errors identification using the human factors analysis and classification system technique (HFACS)]. J Health Saf Work. 2013;3(3):45-54.
12. Chiu MC, Hsieh MC. Latent human error analysis and efficient improvement strategies by fuzzy TOPSIS in aviation maintenance tasks. Appl Ergon. 2016;54:136-47. DOI: 10.1016/j.apergo.2015.11.017 PMID: 26851473
13. Omole H, Walker G. Offshore Transport Accident Analysis Using HFACS. Procedia Manuf. 2015;3:1264-72. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.270
14. Ergai A, Cohen T, Sharp J, Wiegmann D, Gramopadhye A, Shappell S. Assessment of the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS): Intra-rater and inter-rater reliability. Saf Sci. 2016;82:393-8. DOI: 10.1016/j.ssci.2015.09.028
15. Ancel E, Shih A. The analysis of the contribution of human factors to the in-flight loss of control accidents. 12th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference; Indianapolis, India2012.
16. Rashid HSJ, Place CS, Braithwaite GR. Helicopter maintenance error analysis: Beyond the third order of the HFACS-ME. Int J Ind Ergonom. 2010;40(6):636-47. DOI: 10.1016/j.ergon.2010.04.005
17. Dekker S. Ten Questions About Human Error: A New View of Human Factors and System Safety. New Jersey: Taylor & Francis; 2005.
18. Krulak DC. Human factors in maintenance: impact on aircraft mishap frequency and severity. Aviat Space Environ Med. 2004;75(5):429-32. PMID: 15152895
19. Executive HaS. Improving maintenance a guide to reducing human error. UK: The Health and Safety Executive Institute; 2000.
20. Services MHFBCA. Maintenance Error Decision Aid (MEDA) User's Guide. Chicago: Boeing; 2013.
21. Gong Y, Fan Y. Applying HFACS Approach to Accident Analysis in Petro-Chemical Industry in China: Case Study of Explosion at Bi-Benzene Plant in Jilin. Adv Intell Syst Comput. 2016;491:399-406. DOI: 10.1007/978-3-319-41929-9_37
22. Patterson JM, Shappell SA. Operator error and system deficiencies: analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS. Accid Anal Prev. 2010;42(4):1379-85. DOI: 10.1016/j.aap.2010.02.018 PMID: 20441855
23. Ting FAL-Y, Dai SBD-M. The identification of human errors leading to accidents for improving aviation safety. International IEEE Conference on Intelligent Transportation System; Yokohama2011. p. 38-43.
24. Celik M, Cebi S. Analytical HFACS for investigating human errors in shipping accidents. Accid Anal Prev. 2009;41(1):66-75. DOI: 10.1016/j.aap.2008.09.004 PMID: 19114139
25. Mohammadfam I, Ghasemi F, Kalatpour O, Moghimbeigi A. Constructing a Bayesian network model for improving safety behavior of employees at workplaces. Appl Ergon. 2017;58:35-47. DOI: 10.1016/j.apergo.2016.05.006 PMID: 27633196
26. Ghasemi A, Atabi F, Golbabaei F. [Human Error Classification for the Permit to Work System by SHERPA in a Petrochemical Industry]. J Occup. 2015;2(3):56-73.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.21859/johe-03043]

Journal of Occupational Hygiene Engineering **Original Article**

Volume 3, Issue 4

Investigating the Causes of Human Error-Induced Incidents in the Maintenance Operations of Petrochemical Industry Using Human Factors Analysis and Classification System

Mohammadreza Azhdari [1], Ghazaleh Monazzami Tehrani [2,*], Ahmad Alibabaei [2]

[1] Department of Industrial Safety, School of Health, Safety and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran
[2] Department of Industrial Safety, School of Health, Safety and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran

** Corresponding author: Ghazaleh Monazzami Tehrani, Department of Industrial Safety, School of Health, Safety and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran. E-mail: ghazaltehrani27@gmail.com*

DOI: 10.21859/johe-03043

Received: 31.12.2016
Accepted: 22.04.2017

Keywords:
Human Error
Petrochemical Industry
Maintenance
HFACS

How to Cite this Article:
Azhdari M, Monazzami Tehrani G, Alibabaei A. Investigating the Causes of Human Error-Induced Incidents in the Maintenance Operations of Petrochemical Industry Using Human Factors Analysis and Classification System. *J Occup Hyg*. 2016;3(4):22-30. DOI: 10.21859/johe-03043

© 2016 Hamedan University of Medical Sciences.

Abstract

Introduction: This article studied the possible causes of human error-induced incidents in the petrochemical industry maintenance activities by using Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). The aim of this study was to anticipate and identify these causes and propose corrective and preventive actions.

Methods: In this study, the maintenance department in the Zagros Petrochemical Company located in Asaluyeh, Iran, was selected for research. A checklist of human error-induced incidents was developed based on the four HFACS main levels and nineteen subgroups. The hierarchical task analysis technique was used to identify maintenance activities and tasks. The main causes of possible incidents were identified by checklist and recorded. Corrective and preventive actions were defined depending on priority.

Results: Analyzing the worksheets of 444 activities in four levels of HFACS showed that 37.6% of the causes were at the level of unsafe actions, 27.5% at the level of unsafe supervision, 20.9% at the level of preconditions for unsafe acts and 14% of the causes were at the level of organizational effects. The HFACS subgroups showed errors (24.3%), inadequate supervision (14.8%), and violations (13.2%) with the most frequency.

Conclusions: According to the findings of this study, increasing the training effectiveness of operators and supervision improvement respectively are the most important measures in decreasing the human error-induced incidents in petrochemical industry maintenance.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.21859/johe-03043]