فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره۱۱ ، شماره۱، بهار ۱۳۹۸
صفحه: ۵۸-۴۲

Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol. 11, No. 1, spring2019
Pages:42-58

شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی با استفاده از روش تجزیه و تحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم مبتنی بر تئوری سلسه مراتبی فازی: مطالعه موردی در صنعت سیمان

داوود افشاری[۱]، زهره جعفرزاده[۲]، زینب موسویان اصل[۳]، فرشته جهانی*[۴]

چکیده

مقدمه: مطالعات عوامل انسانی نشان داده که حدود ۸۰ درصد از علل ریشه‌ای حوادث بزرگ که بر ایمنی، محیطزیست و یا ارگونومی تأثیرگذار بوده‌اند، مرتبط با خطای انسانی است. پژوهش حاضر با هدف شناسایی خطاهای انسانی با استفاده از روش HFACS و تئوری FAHP در یک صنعت سیمان استان فارس انجام گرفته است.

روش بررسی: مطالعه حاضر یک مطالعه گذشته‌نگر بوده که در صنعت سیمان انجام گرفت. ابتدا گزارش تحلیلی علل ریشه‌ای (RCA) ۹۵ حادثه که در طی ۶ سال گذشته اتفاق افتاده بود، تهیه شد و سپس با ادغام روش human factors analysis and classification system technique (HFACS) و تئوری fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) توسط ۴ نفر از مهندسین ایمنی کارخانه حوادث تجزیه و تحلیل گردیدند.

نتایج: نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که بیشترین خطاها مربوط به سطح اول با وزن ۰/۲۷۲ است یعنی خطاهای ناشی از اعمال ناایمن که در این سطح زیرگروه «خطای بر پایه مهارت» با وزن ۰/۲۶۹، سطح ۲ زیرگروه «محیط صنعتی با وزن ۰/۱۵۵، سطح ۳ زیرگروه «نظارت ناکافی» با وزن ۰/۳۵۲ و سطح ۴ زیرگروه «مدیریت منابع» با وزن ۰/۳۹۳ بیشترین تأثیر در سطوح مذکور دارند.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد خطاها علت‌های مختلفی از جمله فردی، وابسته به فعالیت (وظیفه)، موقعیتی و سازمانی دارند که برای حذف یا کاهش این خطاها نیازمند برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق و صحیح می‌باشد. این کاهش خطا با توجه به نظریه کارشناسان ایمنی، بهداشت و محیطزیست کارخانه سیمان شامل ارتقا و اثربخشی آموزش کارکنان، تدوین و دستورالعمل‌های ایمنی، بهبود نظارت بر عملکرد کارکنان، شناسایی، ارزیابی و حذف ریسک‌های پرخطر، بهبود سامانه‌های مدیریتی و تجهیزاتی، تغییر نگرش ایمنی و همچنین بالا بردن سطح آگاهی افراد می‌توان به کاهش احتمال خطای انسانی در سازمان کمک کند.

واژه‌های کلیدی: خطای انسانی، کارخانه سیمان، تحلیل علل ریشه‌ای، تکنیک HFACS، تکنیک FAHP.

[۱] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
[۲] کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
[۳] مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشکده علوم پزشکی لارستان، لارستان، ایران.
[۴] مربی، گروه مهندسی ایمنی، مرکز آموزش عالی لامرد، لامرد، ایران.
*نویسنده مسئول: تلفن تماس: ۰۹۱۷۸۸۱۶۰۶۳، پست الکترونیک : jahani.f71@gmail.com،

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۲

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

مقدمه

حوادث شغلی در هر سال عامل مرگ بیش از ۳۰۰ هزار نفر و جراحت بیش از ۳۰۰ میلیون نفر در سراسر جهان بوده است (۱). تعداد بالای حوادث، موجب بروز صدمات شدید انسانی و مالی به جوامع می‌گردد (۲). مطالعات عوامل انسانی نشان داده که حدود ۸۰ درصد علل ریشه‌ای حوادث بزرگ که بر ایمنی، محیط‌زیست و یا ارگونومی تأثیرگذار بوده‌اند، مرتبط با خطای انسانی می‌باشند (۳). آنالیز ۲۰۰۰ حادثه در استرالیا، عامل خطای انسانی را ۸۳ درصد نشان داده است همچنین مطالعه‌ای که در دانشگاه فنی برلین (UBT) انجام گرفته روشن ساخت که ۶۴ درصد کل حوادث به دلیل خطای انسانی به وقوع می‌پیوندند (۴). انفجار کارخانه تولید آفت‌کش در بوپال، فاجعه استادیوم فوتبال هیلزبورو (Hillsborough)، تصادف قطار پدینگتون (Paddington) و ساوت هال (Southall)، فجایع چرنوبیل (Chernobyl disaster) و تری مایل آیلند (Three Mile Island accident) و فاجعه شاتل فضایی چلنجر (Challenger shuttle) نمونه‌هایی از حوادث اخیر هستند که در هریک از آن‌ها ردپایی از خطای انسانی دیده می‌شود (۵). در طی سال‌های اخیر، تمرکز بر روی خطای انسانی در زمینه حوادث صنعتی نشان داده است که علاوه بر کمبود مهارت تصمیم‌گیری، نگرش، عواملی نظیر فرهنگ سازمانی و عوامل نظارتی نیز به‌عنوان عوامل دخیل در حوادث شناسایی شده‌اند (۶، ۷).

صنایع سازنده سیمان جزو صنایع زمخت کشور بوده و سالانه دارای چندین حادثه جانی و مالی می‌باشند که هزینه‌های زیادی را بر این صنایع وارد می‌آورد (۲۹). از این‌رو در راستای پیشگیری، کاهش حوادث و رخدادهای صنعتی باید به سمت کاهش خطاهای انسانی یا ایجاد سیستم یا سازمانی که در برابر خطا تحمل بیشتری دارد، حرکت کرد. مدیریت حادثه و خطای انسانی مستلزم پیشگیری از خطاهای انسانی، اصلاح خطاها و محدود کردن رویدادهایی است که در اثر وقوع خطا اتفاق می‌افتد، می‌باشد (۸).

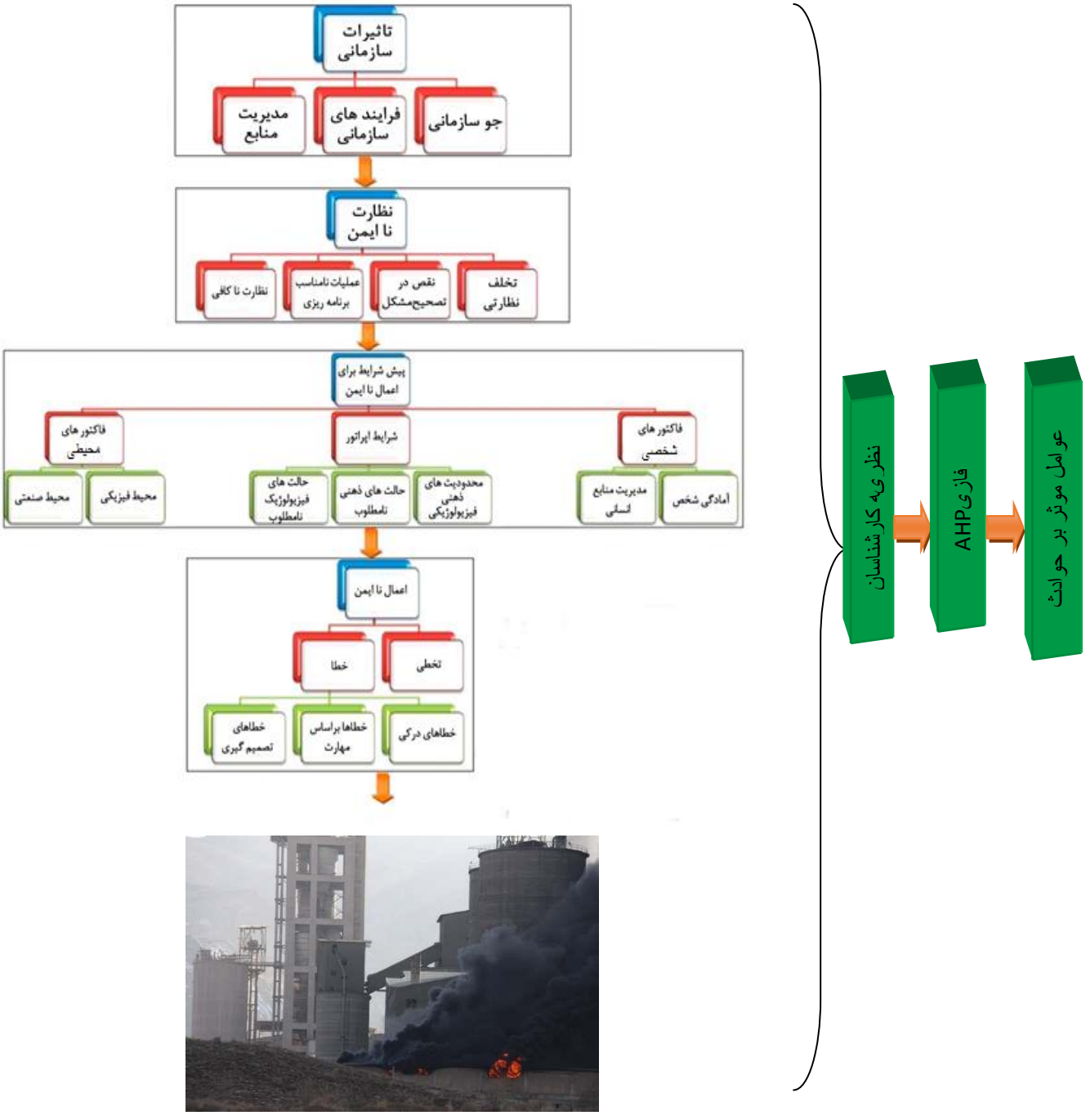
اولین قدم در این فرآیند شناسایی خطا می‌باشد. شناسایی خطاهایی که به‌طور مکرر سبب وقوع حوادث و رویدادها می‌شوند، ممکن است منجر به ارائه راهکارهای مناسبی برای کاهش یا پیشگیری از آن‌ها شود (۹). در سال‌های اخیر مدل‌های مختلفی جهت شناسایی و کاهش خطاهای انسانی ارائه‌شده است. مدل تجزیه و تحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم (HFACS) یکی از این مدل‌ها است که اصولاً برای آنالیز و طبقه‌بندی خطاهای اپراتور در حوادث حمل و نقل هوایی و دریایی توسعه یافته است ولی نسخه پیشرفته HFACS بر اساس مدل Reason برای بررسی خطای انسانی در حوادث استفاده می‌شود (۱۰).

از نظر ریزن خطاها به دو گروه خطاهای فعال (Active Failure) که همان خطای کاربر است و خطاهای پنهان (Latent Failure) که نقایص سازمانی هستند، تقسیم می‌شوند. این نقایص می‌تواند تا مدت‌ها به‌صورت پنهان بوده و در شرایط خاصی سبب ایجاد یک حادثه ناخوشایند گردند. HFACS در اصل توسط Dekker در سال ۲۰۰۲ به‌عنوان یکی از قوی‌ترین ابزارهای بررسی انواع مختلف حوادث شناخته‌شده است (۱۱).

طبق این مدل خطای انسانی از چهار سطح دارای نقص تشکیل شده که هر سطح بر سطح بعدی تأثیر می‌گذارد. سطح ۱: اعمال ناایمن اپراتور، خطای فعال؛ که اکثر تحقیقات بر این سطح متمرکز شده است. سطح ۲: پیش شرایط برای اعمال ناایمن، خطای نهفته/ خطای فعال؛ سطح ۳: نظارت ناایمن، خطای نهفته؛ که زنجیره‌ی علی از رویدادهای به وجود آورنده اعمال ناایمن تا سطحی از اقدام اپراتورها است. سطح ۴: تأثیرات سازمانی؛ خطای نهفته علت تصمیم‌گیری نامطلوب سطح مدیریت است که به‌طور مستقیم اعمال نظارت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. چارچوب HFACS در نمودار ۱ نشان داده شده است.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]



نمودار ۱. چارچوب فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم HFACS

HFACS به عنوان یک چارچوب خطای انسانی برای انجام تحقیقات حادثه راه‌آهن (۱۲) همچنین به‌عنوان یک مدل عمومی برای نشان دادن ریشه‌های خطا در عمل مراقبت‌های بهداشتی (۱۳)، عمل‌های جراحی (۱۴) و به‌عنوان ابزاری برای کاهش حوادث شغلی در کارخانه کشتی‌سازی به‌کار رفته است (۲۳). Shirali و همکاران نیز این روش را به‌عنوان روشی مؤثر و سودمند جهت مطالعه خطای انسانی در صنایع نشان دادند که توانایی پیشگیری از تکرار حوادث و عواملی که منجر به حادثه می‌شوند، را دارا است (۱۵). از طرفی تحلیل حوادث دریایی در سال ۲۰۰۹ توسط Metin Celik و Selcuk Cebib با استفاده از روش HFACS مبتنی بر تئوری FAHP، نشان داد که تلفیق FAHP و HFACS با ارائه یک بنیاد تحلیلی و توانایی تصمیم‌گیری گروهی برای اطمینان از ارزیابی کمی حوادث دریایی، روش HFACS را بهبود می‌بخشد (۱۶). باوجود محبوبیت زیاد فرایند

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]
[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

تحلیل سلسله مراتبی، غالبا از آن به خاطر ناتوانی در یکی کردن ابهامات و ادراکات تصمیم گیرنده نسبت به اعداد دقیق انتقاد می‌شود. اما ازآنجایی‌که عدم قطعیت یکی از معمول‌ترین مشخصه‌های مسائل تصمیم‌سازی است، روش FAHP برای پاسخگویی به این مشکل ایجاد شد. این روش به تصمیم‌گیران اجازه می‌دهد تا تقدم‌های حدودی یا انعطاف‌پذیر خود را با اعداد فازی بیان کنند؛ و در این موارد عدم قطعیت را در قضاوت‌ها وارد کنند (۱۷). با این توصیف مطالعه حاضر جهت آنالیز حوادث یکی از کارخانه‌های سیمان جنوب کشور با استفاده از ادغام تئوری FAHP و روش HFACS به‌منظور شناسایی هر دو خطای انسانی نهفته و فعال و شناسایی علل خطای انسانی اجرا شد.این پژوهش در نظر دارد با آنالیز و درک بهتر حوادث ایجاد شده در ۴ سطح و تعامل بین سطوح مذکور با سطوح بالاتر، تعیین کند که چگونه این فاکتورها در سطوح بالای مدیریت و در قالب زیرگروه‌ها در سطوح عملیاتی تأثیر می‌گذارند.

روش بررسی

این پژوهش به‌صورت گذشته‌نگر در یکی از صنایع سیمان جنوب کشور در سال ۱۳۹۶ انجام گرفت. ابتدا گروهی متشکل از ۴ نفر کارشناس HSE برای ارزیابی خطای انسانی تشکیل شد. جهت تجزیه و تحلیل علل ریشه‌ای (RCA) ۹۵ مورد حادثه انسانی که در طی ۶ سال گذشته اتفاق افتاده بود، جمع‌آوری گردید. اطلاعات مورد نیاز از طریق مصاحبه با افراد حادثه‌دیده، فرم گزارش حوادث، اسناد و مستندات مکتوب، مهندسین ایمنی کارخانه سیمان، افرادی که شاهد آن حادثه و یا به نحوی با آن حادثه در ارتباط بودند و محل وقوع حادثه گردآوری گردید. سپس با استفاده از روش HFACS عوامل به وجود آورنده خطا، شامل ۱۸ پارامتر (نمودار ۱) مشخص گردید. این پارامترها شامل: خطاهای مهارتی، خطاهای تصمیم‌گیری، خطاهای ادراکی، تخلف، حالت ذهنی نامطلوب، حالت ذهنی نامطلوب، حالات روانشناختی نامطلوب، محدودیت‌های ذهنی یا فیزیکی، مدیریت منابع انسانی، آمادگی شخص، محیط فیزیکی، محیط صنعتی، نظارت ناکافی، عملیات نامناسب برنامه‌ریزی شده، نقص در شناخت صحیح مشکل، تخلف یا تخطی بازرس کار، مدیریت منابع، جو سازمانی، جو سازمانی و فرایند سازمانی می‌باشند. وزن دهی داده‌ها با تکنیک AHP انجام گرفت و در نهایت پیشنهادهایی برای استراتژی بهبود ارائه گردید.

تجزیه و تحلیل علل ریشه‌ای (RCA)

RCA یک فرآیند طراحی شده برای استفاده در بررسی و طبقه‌بندی علل ریشه‌ای رویدادها در زمینه‌های مختلف است و به شناسایی آنچه، چرا و چگونه حوادث اتفاق افتاده‌اند، کمک می‌کند و در نتیجه از وقوع مجدد آن‌ها جلوگیری می‌کند (۱۸). مراحل RCA به شرح زیر مشخص شده است:

مرحله ۱ (جمع‌آوری اطلاعات): بدون اطلاعات کامل و درک درستی از رویداد نمی‌توان علل ریشه‌ای در ارتباط با رویداد را مشخص کرد. بیشتر زمان مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل رویداد در جمع‌آوری اطلاعات سپری می‌شود.

مرحله ۲ (نمودار فاکتور علل): این عنصر، ساختاری برای سازماندهی و آنالیز اطلاعات فراهم می‌کند. این نمودار با استفاده از دیاگرامی با تست‌های منطق، وقایعی که منجر به حادثه می‌شوند را توصیف می‌کند.

مرحله ۳ (شناسایی علل ریشه‌ای): این مرحله از یک نمودار تصمیم‌گیری (نقشه علل ریشه‌ای) برای شناسایی علل اصلی و دلایلی برای فاکتورهای علی استفاده می‌کند.

مرحله ۴ (ارائه و اجرای نظریه): پس از شناسایی علل ریشه‌ای حادثه برای پیشگیری از روی دادن مجدد حادثه نظریه‌ای ارائه و اجرا می‌گردد.

تجزیه و تحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم (HFACS)

HFACS یک چارچوب سازمانی برای تجزیه و تحلیل حادثه فراهم می‌سازد (۴)، اصولاً برای وظایف تعمیر و نگهداری، حمل و نقل هوایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و بر اساس ساختار و سطوح سازمان به چهار دسته تقسیم می‌شود که شامل: تأثیرات سازمانی، نظارت ناایمن، پیش شرایط برای اعمال ناایمن و اعمال ناایمن اپراتور است (شکل ۲).

سطح «اعمال ناایمن» نماینده اکثر تحقیقات در مورد حوادث است و نشان دهنده رفتارهای اپراتور است که به‌طور مستقیم باعث حادثه می‌گردد و فرمی از خطاهای فعال در حادثه است این سطح به دو زیر گروه شامل: خطاها و تخطی‌ها (موارد بی‌توجهی عمدی به قوانینی که

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

منجر به حادثه می‌شوند) تقسیم‌بندی می‌شود. سطح «پیش شرایط برای اعمال ناایمن» شامل پیش‌سازهای روانی خطای فعال در سطح «اعمال ناایمن» که به‌صورت خطای نهفته در حوادث است. این سطح به سه زیرگروه تقسیم‌بندی می‌شود شامل: فاکتورهای محیطی، وضعیت اپراتور و فاکتورهای کارکنان است. سطح» نظارت ناایمن» خطای نهفته است که نشان‌دهنده زنجیره علی از رویدادهای به وجود آورنده اعمال ناایمن تا سطحی از اقدام اپراتورها است. سطح «تأثیرات سازمانی» خطای نهفته در تجزیه و تحلیل حوادث است و شامل علت تصمیم‌گیری نامطلوب مدیریت که به‌طور مستقیم اعمال نظارت را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

تجزیه و تحلیل سلسه مراتبی فازی (FAHP)

نظریه مجموعه‌های فازی توسط پروفسور لطفی‌زاده مطرح شده است. این نظریه در شرایط مبهم و عدم اطمینان کاربرد دارد. این تئوری قادر است بسیاری از مفاهیم و عبارات نادقیق را با زبان ریاضی بیان کند و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (۱۹). انواع مختلفی از توابع عضویت فازی وجود دارد که می‌توان به توابع عضویت مثلثی، ذوزنقه‌ای، زنگوله‌ای و گوسیم اشاره کرد (۲۰). در این پژوهش جهت محاسبه وزن در مقایسات زوجی، از عبارات کلامی و اعداد فازی مثلثی مندرج در جدول ۱ استفاده شده است.

جدول۱. عبارات کلامی و اعداد فازی جهت وزن دهی به معیارها

کد	اولویت‌ها	معادل فازی اولویت‌ها		
		حد پایین (L)	حد متوسط (m)	حد بالا (u)
۱	اهمیت یکسان	۱	۱	۱
۲	یکسان تا نسبتاً مهم‌تر	۱	۲	۳
۳	نسبتاً مهم‌تر	۲	۳	۴
۴	نسبتاً مهم‌تر تا اهمیت زیاد	۳	۴	۵
۵	اهمیت زیاد	۴	۵	۶
۶	اهمیت زیاد تا بسیار زیاد	۵	۶	۷
۷	اهمیت بسیار زیاد	۶	۷	۸
۸	بسیار زیاد تا کاملاً مهم‌تر	۷	۸	۹
۹	کاملاً مهم‌تر	۸	۹	۱۰

همچنین Gogos و Bocher (۱۹۹۸) پیشنهاد دادند برای بررسی سازگاری، دو ماتریس (عدد میانی و حدود عدد فازی) از هر ماتریس فازی مشتق و سپس سازگاری هر ماتریس بر اساس روش ساعتی محاسبه شود.

مراحل محاسبه نرخ سازگاری ماتریس‌های فازی مقایسات زوجی

مرحله ۱: در مرحله اول ماتریس مثلثی فازی به دو ماتریس تقسیم می‌شود که ماتریس اول از اعداد میانی قضاوت‌های مثلثی $A^m = [a_{ijm}]$ و ماتریس دوم شامل میانگین هندسی حدود بالا و پایین اعداد مثلثی $A^g = \sqrt{a_{iju}.a_{ijl}}$ تشکیل می‌شود.

مرحله ۲: بردار وزن هر ماتریس را با استفاده از روش ساعتی طبق روابط ۱ و ۲ محاسبه می‌شود.

$$w_i^m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{a_{ijm}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ijm}}$$

رابطه ۱

$$w_i^g = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{\sqrt{a_{iju}\,a_{ijl}}}{\sum_{i=1}^{n}\sqrt{a_{iju}\,a_{ijl}}}$$

رابطه ۲

مرحله ۳: بزرگترین مقدار ویژه را برای هر ماتریس با استفاده از روابط ۳ و ۴ محاسبه می‌گردد.

$$\lambda_{max}^m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ijm}\left(\frac{w_j^m}{w_i^m}\right)$$

رابطه ۳

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

رابطه ۴ $$\lambda_{max}^{g} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sqrt{a_{iju}a_{ajl}}\left(\frac{w_j^g}{w_i^g}\right)$$

مرحله ۴: شاخص سازگاری را با استفاده از روابط ۵ و ۶ محاسبه می‌شود:

رابطه ۵ $$CI^{m} = \frac{(\lambda_{max}^{m} - n)}{(n-1)}$$

رابطه ۶ $$CI^{g} = \frac{(\lambda_{max}^{g} - n)}{(n-1)}$$

مرحله ۵: برای محاسبه نرخ ناسازگاری (CR)، شاخص CI را بر مقدار شاخص تصادفی (RI) تقسیم می‌شود. درصورتی‌که مقدار حاصل کمتر از ۰/۱ باشد، ماتریس سازگار و قابل استفاده تشخیص داده می‌شود. ساعتی برای به‌دست آوردن مقادیر شاخص‌های تصادفی (RI)، ۱۰۰ ماتریس را با اعداد تصادفی و با شرط متقابل بودن ماتریس‌ها تشکیل داده و مقادیر ناسازگاری و میانگین آن‌ها را محاسبه نمود؛ اما از آنجا که مقادیر عددی مقایسات فازی همواره عدد صحیح نیستند و حتی در این صورت هم میانگین هندسی، آن‌ها را عموماً به اعداد غیر صحیح تبدیل می‌کند، حتی در صورت استفاده از مقیاس (۹-۱) ساعتی نیز نمی‌توان از جدول شاخص‌های تصادفی (RI) ساعتی استفاده کرد.

بنابراین گوگوس و بوچر با تولید ۴۰۰ ماتریس تصادفی مجدداً جدول شاخص‌های تصادفی (جدول ۲) را برای ماتریس‌های مقایسات زوجی فازی تولید کردند.

جدول ۲. شاخص‌های تصادفی (RI)

اندازه ماتریس	RI^{m}	RI^{g}
۱	۰	۰
۲	۰	۰
۳	۰/۴۸۹۰	۰/۱۷۹۶
۴	۰/۷۹۳۷	۰/۲۶۲۷
۵	۱/۰۷۲۰	۰/۳۵۹۷
۶	۱/۱۹۹۶	۰/۳۸۱۸
۷	۱/۲۸۷۴	۰/۴۰۹۰
۸	۱/۳۴۱۰	۰/۴۱۶۴
۹	۱/۳۷۹۳	۰/۴۳۴۸
۱۰	۱/۴۰۹۵	۰/۴۴۵۵
۱۱	۱/۴۱۸۱	۰/۴۵۳۶
۱۲	۱/۴۴۶۲	۰/۴۷۷۶
۱۳	۱/۴۵۵۵	۰/۴۶۹۱
۱۴	۱/۴۹۱۳	۰/۴۸۰۴
۱۵	۱/۴۹۸۶	۰/۴۸۸۰

با محاسبه نرخ ناسازگاری بر ای دو ماتریس بر اساس روابط ۷ و ۸ آن‌ها را با آستانه ۰/۱ مقایسه می‌گردد:

رابطه ۷ $$CR^{g} = \frac{CI^{g}}{RI^{g}}$$

رابطه ۸ $$CR^{m} = \frac{CI^{m}}{RI^{m}}$$

درصورتی‌که هر دو این شاخص‌ها کمتر از ۰/۱ بودند، ماتریس فازی سازگار است. درصورتی‌که هر دو بیشتر از ۰/۱ بودند، از تصمیم‌گیرنده تقاضا می‌شود تا در اولویت-های ارائه شده تجدیدنظر نماید و درصورتی‌که تنها $CR^{m}(CR^{g})$ بیشتر از ۰/۱ بود، تصمیم‌گیرنده

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

تجدید نظر در مقادیر میانی (حدود) قضاوت‌های فازی را انجام می‌دهد.

نتایج

تجزیه و تحلیل حوادث، توسط مهندسین ایمنی و افرادی که شاهد آن حادثه و یا به نحوی با آن حادثه در ارتباط بودند و محل حادثه انجام شد. همان‌طور که جدول ۹ نشان داده شده است. در ۹۵ حادثه کارخانه سیمان که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. سطح اول با وزن ۰/۲۷۲، سطح دوم با وزن ۰/۲۵۶، سطح سوم با وزن ۰/۲۳۹ و سطح چهارم با وزن ۰/۲۳۳ به ترتیب بیشترین تأثیر را در سطوح چهارگانه HFACS را تشکیل می‌دهند همچنین مدیریت منابع با وزن ۰/۳۹۳، خطاهای بر پایه مهارت با وزن ۰/۲۶۹، نظارت ناکافی با وزن ۰/۳۵۲، تخلف با وزن ۰/۲۶۸، محیط صنعتی با وزن ۰/۱۵۵، عملیات نامناسب برنامه‌ریزی شده با وزن ۰/۲۵۷، نقص در شناخت صحیح مشکل با وزن ۰/۲۱۸، فرایند سازمانی با وزن ۰/۳۱۷، جو سازمانی با وزن ۰/۲۹۰، محیط فیزیکی با وزن ۰/۱۴۹، آمادگی شخص با وزن ۰/۱۴۸، خطای ادراکی با وزن ۰/۲۴۹، خطای تصمیم با وزن ۰/۲۱۳، حالت‌های ذهنی نامطلوب با وزن ۰/۱۴۷، مدیریت منابع انسانی با وزن ۰/۱۴۱، حالات روانشناختی نامطلوب با وزن ۰/۱۴۸، تخلف یا تخطی بازرس کار با وزن ۰/۱۷۳ و محدودیت‌های ذهنی یا فیزیکی با وزن ۰/۱۲۲ به ترتیب بیشترین علل رویدادهای ناشی از خطای انسانی را تشکیل می‌دهند.

بیشترین خطاها از دیدگاه HFACS مربوط به سطح اول یعنی خطاهای ناشی از اعمال ناایمن اپراتورها می‌باشد و در این سطح نیز زیرگروه خطا بر پایه مهارت بیشترین وزن و خطای تصمیم دارای کمترین وزن هستند. در مرحله بعدی بیشترین خطا مربوط به سطح دو یعنی پیش شرایط برای اعمال ناایمن که در این سطح زیرگروه محیط صنعتی بیشترین علل حوادث و محدودیت‌های ذهنی یا فیزیکی کمترین وزن دارد و سپس سطح سه با زیرگروه نظارت ناکافی دارای بیشترین وزن و زیرگروه تخلف یا تخطی بازرس کار دارای کمترین وزن است. در سطح چهار، زیرگروه مدیریت منابع بیشترین علل بروز حوادث و زیرگروه جو سازمانی کمترین وزن دارد.

مقایسه زوجی معیارهای اصلی نسبت به هدف

گام یک- تشکیل ماتریس تصمیم ادغام‌شده

تعداد پاسخ‌دهندگان در این پژوهش ۴ نفر می‌باشند که ماتریس ادغام‌شده به‌صورت جدول ۳ می‌باشد. در این پژوهش ۴ معیار اصلی شامل اعمال ناایمن اپراتورها، پیش شرایط با اعمال ناایمن، بررسی یا نظارت ناایمن و تأثیرات سازمانی بر اساس هدف با یکدیگر مقایسه زوجی جدول ۳ را تشکیل داده‌اند.

جدول ۳. ماتریس تصمیم ادغام‌شده معیارها نسبت به هدف (نرخ ناسازگاری: CRm:0.02 و CRg: 0.09)

	اعمال ناایمن اپراتورها	پیش شرایط با اعمال ناایمن	بررسی یا نظارت ناایمن	تأثیرات سازمانی
اعمال ناایمن اپراتورها	۱-۱-۱	۰/۹۳۱-۱/۲۷۸-۱/۸۸	۰/۹۰۴-۱/۳۱۶-۲/۱۱۵	۰/۶۶۹-۰/۸۴۱-۱
پیش شرایط با اعمال ناایمن	۰/۵۳۲-۰/۷۸۳-۱/۰۷۵	۱-۱-۱	۰/۷۰۷-۱/۰۷۵-۱/۴۵۶	۱-۱/۴۱۴-۱/۹۶۸
بررسی یا نظارت ناایمن	۰/۴۷۳-۰/۷۶-۱/۱۰۷	۰/۶۸۷-۰/۹۳۱-۱/۴۱۴	۱-۱-۱	۰/۶۸۷-۱/۱۰۷-۱/۸۶۱
تأثیرات سازمانی	۱-۱/۱۸۹-۱/۴۹۵	۰/۵۰۸-۰/۷۰۷-۱	۰/۵۳۷-۰/۹۰۴-۱/۴۵۶	۱-۱-۱

گام دوم: میانگین هندسی اعداد فازی هر سطر را محاسبه می‌کنیم (جدول ۴)

جدول ۴. میانگین هندسی سطرهای ماتریس ادغام‌شده

۰/۸۶۶-۱/۰۹۱-۱/۴۱۲
۰/۷۸۳-۱/۰۴۴-۱/۳۲۵
۰/۷۲۳-۰/۹۳۴-۱/۲۱۵

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

گام سوم: مجموع اعداد فازی جدول ۴ را به صورت ستونی محاسبه می‌کنیم که به‌صورت زیر می‌شود:
(۳/۰۵۹-۴/۰۰۹-۵/۲۵۸)

گام چهارم: هر سطر عدد فازی جدول ۴ را بر مجموع اعداد فازی سطرها (گام سوم) تقسیم می‌کنیم (جدول ۵). خروجی این گام وزن‌های فازی معیارها هست.

جدول ۵. وزن فازی معیارها

نام معیار	وزن فازی
A	۰/۱۶۵-۰/۲۷۲-۰/۴۶۲
B	۰/۱۴۹-۰/۲۶-۰/۴۳۳
C	۰/۱۳۱-۰/۲۳۵-۰/۴۲۷
D	۰/۱۳۷-۰/۲۳۳-۰/۳۹۷

گام پنجم: وزن‌های فازی مندرج در جدول ۵ را با استفاده از رابطه $W_{crisp} = \frac{l+2m+u}{4}$ به عدد قطعی تبدیل می‌کنیم و سپس آن‌ها را نرمال می‌کنیم (جدول ۶).

جدول ۶. وزن قطعی و نرمال شده معیارها

نام معیار	وزن نرمال
اعمال ناایمن اپراتور ها	۰/۲۷۲
پیش شرایط با اعمال ناایمن	۰/۲۵۶
بررسی یا نظارت ناایمن	۰/۲۳۹
تاثیرات سازمانی	۰/۲۳۳

با توجه به جدول ۶ نتایج زیر حاصل شده است:
معیار اعمال ناایمن اپراتورها با وزن ۰/۲۷۲ اولویت اول را کسب کرده است. معیار پیش شرایط با اعمال ناایمن با وزن ۰/۲۵۶ اولویت دوم را کسب کرده است. معیار بررسی یا نظارت ناایمن با وزن ۰/۲۳۹ اولویت سوم را کسب کرده است. معیار تأثیرات سازمانی با وزن ۰/۲۳۳ اولویت چهارم را کسب کرده است.

مقایسه زوجی زیرمعیارها

زیرمعیارهای ۴ معیار اصلی این پژوهش طبق جداول ۷، ۸، ۹ و ۱۰ مقایسه زوجی شده‌اند و وزن نرمال نیز به‌صورت مشابه محاسبه شده است.

جدول ۷. مقایسه زوجی زیرمعیارهای اعمال ناایمن اپراتورها (نرخ ناسازگاری: ۰/۰۱ :CRm و ۰/۰۵ :CRg)

	خطاهای بر پایه مهارت	خطاهای تصمیم‌گیری	خطاهای ادراکی	تخلف	وزن نرمال
خطاهای بر پایه مهارت	۱-۱-۱	۰/۷۹۴-۱/۲۶-۱/۸۱۷	۰/۸۱۶-۱-۲۲۵/۲	۰/۷۰۷-۰/۹۰۴-۱/۱۰۷	۰/۲۶۹
خطاهای تصمیم‌گیری	۰/۵۵-۰/۷۹۴-۱/۲۶	۱-۱-۱	۰/۵-۰/۶۸۷-۰/۹۳۱	۰/۷۶-۱-۱/۳۱۶	۰/۲۱۳
خطاهای ادراکی	۰/۵-۰/۸۱۶-۱/۲۲۵	۱/۰۷۵-۱/۴۵۶-۲	۱-۱-۱	۰/۴۸۱-۰/۷۹۴-۱/۴۴۲	۰/۲۴۹
تخلف	۰/۹۰۴-۱/۱۰۷-۱/۴۱۴	۰/۷۶-۱-۱/۳۱۶	۰/۶۹۳-۱/۲۶-۲/۰۸	۱-۱-۱	۰/۲۶۸

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]
[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

جدول ۸. مقایسه زوجی زیرمعیارهای پیش شرایط با اعمال نا ایمن (نرخ ناسازگاری:CRm:۰/۰۲ و ۰/۰۷ :CRg)

	حالت ذهنی نامطلوب	مدیریت منابع انسانی	آمادگی شخص	محیط صنعتی	محیط فیزیکی	محدودیت های ذهنی یا فیزیکی	حالات روانشناختی نامطلوب	وزن نرمال
حالت ذهنی نامطلوب	۱-۱-۱	۰/۷۹۵-۱/۱۰۷-۱/۶۰۷	۰/۶۶۹-۰۰/۹۳۱-۱/۲۷۸	۰/۶۶۹-۱-۱/۴۹۵	۰/۶۳۹-۰/۹۰۴-۱/۲۲۵	۰/۶۶۹-۱-۱/۴۹۵	۰/۷۴-۱-۱/۳۵۱	۰/۱۴۷
مدیریت منابع انسانی	۰/۶۲۲-۰۰/۹۰۴-۱/۲۵۷	۱-۱-۱	۰/۸۴۱-۱/۰۷۵-۱/۳۹۲	۰/۵۴۱-۰/۶۳۹-۰/۷۶	۰/۷۶-۱-۱/۳۱۶	۱/۳۳۷-۱/۸۸-۲/۴۴۹	۰/۶۳۹-۰/۹۴۶-۱/۳۹۲	۰/۱۴۱
آمادگی شخص	۰/۷۸۳-۱/۰۷۵-۱/۴۹۵	۰/۷۱۹-۰۰/۹۳۱-۱/۱۸۹	۱-۱-۱	۰/۴۵۲-۰/۶۳۹-۱	۱/۲۲۵-۱/۸۰۷-۲/۴۷۵	۱/۱۰۷-۱/۴۱۴-۰۰/۷۷۸	۰/۸۸-۱/۱۸۹-۱/۶۹۹	۰/۱۴۸
محیط صنعتی	۰/۶۶۹-۱-۱/۴۹۵	۱/۳۱۶-۱/۵۶۵-۱/۸۴۸	۱-۱/۵۶۵-۲/۲۱۳	۱-۱-۱	۰/۵۰۰/۸۱۶-۱/۲۲۵	۰/۷۶-۱/۱۸۹-۱/۷۳۲	۰/۵۰۰/۸۱۶-۱/۲۲۵	۰/۱۵۵
محیط فیزیکی	۰/۸۱۶-۱/۱۰۷-۱/۵۶۵	۰/۷۶-۱-۱-۳۱۶	۰/۴۰۴-۰۰/۵۵۳-۰۰/۸۱۶	۰/۸۱۶-۱/۲۲۵-۲	۱-۱-۱	۰/۸۱۶-۱/۲۲۵-۲	۰/۷۶-۱/۱۰۷-۱/۶۸۲	۰/۱۴۹
محدودیت های ذهنی یا فیزیکی	۰/۶۶۹-۱-۱/۴۹۲	۰/۴۰۸-۰۰/۵۳۲-۰۰/۷۴۸	۰/۵۶۲-۰۰/۷۰۷-۰۰/۹۰۴	۰/۵۷۷-۰۰/۸۴۱-۱/۳۱۶	۰/۵۰۰/۸۱۶-۱/۲۲۵	۱-۱-۱	۰/۷۰۷-۱/۲۷۸-۱/۹۱۷	۰/۱۲۲
حالات روانشناختی نامطلوب	۰/۷۴-۱-۱/۳۵۱	۰/۷۱۹-۱-۱/۰۵۷-۱/۵۶۵	۰/۵۸۹-۰۰/۸۴۱-۱/۱۳۶	۰/۸۱۶-۱/۲۲۵-۲	۰/۵۹۵-۰/۹۰۴-۱/۳۱۶	۰/۵۲۲-۰/۷۸۳-۱/۴۱۴	۱-۱-۱	۰/۱۳۹

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

جدول ۹. مقایسه زوجی زیرمعیارهای بررسی یا نظارت ناایمن (نرخ ناسازگاری:CRm: ۰/۰۴ و CRg: ۰/۰۹)

	نقص در شناخت صحیح مشکل	تخلف یا تخطی بازرس کار	نظارت ناکافی	عملیات نامناسب برنامه ریزی شده	وزن نرمال
نقص در شناخت صحیح مشکل	۱-۱-۱	۱/۱۲۵-۱/۶۵۵-۲/۲۱۳	۰/۳۲۵-۰/۴۱۶-۰/۵۳۷	۰/۷۶-۱/۰۴۷-۱/۳۱۶	۰/۲۱۸
تخلف یا تخطی بازرس کار	۰/۴۵۲-۰/۶۰۴-۰/۸۸۹	۱-۱-۱	۰/۴۵۲-۰/۶۰۴-۰/۷۸۳	۰/۵۰۸-۰/۷۰۷-۱	۰/۱۷۳
نظارت ناکافی	۱/۸۶۱-۲/۴۰۳-۳/۰۸	۱/۲۷۸-۱/۶۵۵-۲/۲۱۳	۱-۱-۱	۰/۶۸۷-۱/۱۰۷-۱/۸۶۱	۰/۳۵۲
عملیات نامناسب برنامه ریزی شده	۰/۷۶-۰/۹۵۵-۱/۳۱۶	۱-۱/۴۱۴-۱/۹۶۸	۰/۵۳۷-۰/۹۰۴-۱/۴۵۶	۱-۱-۱	۰/۲۵۷

جدول ۱۰. مقایسه زوجی زیرمعیارهای تاثیرات سازمانی (نرخ ناسازگاری: CRm:۰/۰۰۵ و CRg: ۰/۰۰۵)

	مدیریت منابع	جو سازمانی	فرایند سازمانی	وزن نرمال
مدیریت منابع	۱-۱-۱	۰/۹۰۴-۱/۲۵۷-۱/۸۶۱	۱-۱/۳۱۶-۱/۶۸۲	۰/۳۹۳
جو سازمانی	۰/۵۳۷-۰/۷۹۵-۱/۱۰۷	۱-۱-۱	۰/۶۶۹-۰/۸۴۱-۱/۱۳۶	۰/۲۹۰
فرایند سازمانی	۰/۵۹۵-۰/۷۶-۱	۰/۸۸-۱/۱۸۹-۱/۴۹۵	۱-۱-۱	۰/۳۱۷

در جدول ۱۱ اوزان معیارها و زیرمعیارها به صورت خلاصه آورده شده است.

جدول ۱۱. وزن و اولویت معیارها و زیرمعیارها

اولویت	وزن	زیرمعیار	معیار
	۰/۲۷۲		اعمال ناایمن اپراتور ها
۱	۰/۲۶۹	خطاهای بر پایه مهارت	
۴	۰/۲۱۳	خطاهای تصمیم گیری	
۳	۰/۲۴۹	خطاهای ادراکی	
۲	۰/۲۶۸	تخلف	
	۰/۲۵۶		پیش شرایط با اعمال ناایمن
۴	۰/۱۴۷	حالت ذهنی نامطلوب	
۵	۰/۱۴۱	مدیریت منابع انسانی	
۳	۰/۱۴۸	آمادگی شخص	
۱	۰/۱۵۵	محیط صنعتی	
۲	۰/۱۴۹	محیط فیزیکی	
۷	۰/۱۲۲	محدودیت های ذهنی یا فیزیکی	
۶	۰/۱۳۹	حالات روانشناختی نامطلوب	
	۰/۲۳۹		بررسی یا نظارت ناایمن
۳	۰/۲۱۸	نقص در شناخت صحیح مشکل	
۴	۰/۱۷۳	تخلف یا تخطی بازرس کار	
۱	۰/۳۵۲	نظارت ناکافی	
۲	۰/۲۵۷	عملیات نامناسب برنامه ریزی شده	
	۰/۲۳۳		تاثیرات سازمانی
۱	۰/۳۹۳	مدیریت منابع	
۳	۰/۲۹۰	جو سازمانی	
۲	۰/۳۱۷	فرایند سازمانی	

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

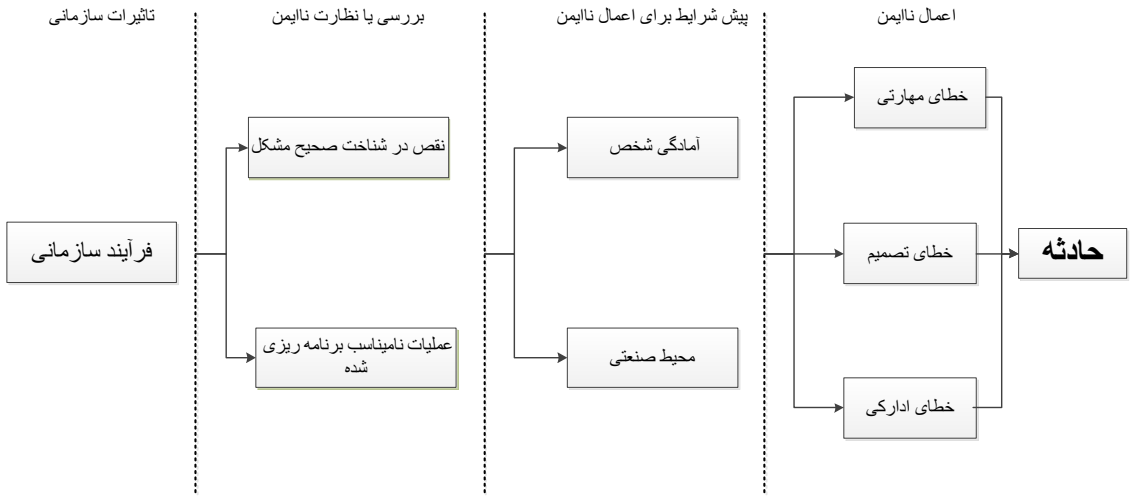
بیشتر حوادث مربوط به اعمال ناایمن اپراتورها و پیش شرایط برای اعمال ناایمن می‌باشد که اصلاح و کاهش این خطاها نیاز به برنامه‌ریزی و توجه بیشتر به اپراتورهای باشد.

حادثه کولینگ تاور

همواره بدترین حوادث رخ داده در کارخانجات مختلف سیمان سوختگی در دپارتمان پخت و پری هیتر به دلیل وجود مواد مذاب تا دمای ۱۲۰۰ درجه می‌باشد. از این رو می‌توان بدترین حادثه رخ داده شده در این کارخانه، سوختگی کارکنان در محل کولینگ تاور مورخ ۱ بهمن ماه ۱۳۹۴ که منجر به سوختگی ۲۰ درصدی ۳ نفر از پرسنل این شرکت گردید را نام برد. آنالیز این حادثه با استفاده از روش HFACS (نمودار ۲) نشان داد که جرقه آغازین حادثه از چندین روز قبل شروع شده بود، به عبارت بهتر از زمانی که به دلیل عدم بازدید منظم از ۲۵ عدد نازل آب‌پاش درون کولینگ تاور که به‌صورت نامناسب پاشش (شره بودن آب به‌جای مه پاش بودن) و منجر به جاری شدن آب به درون کولینگ تاور شده، آغاز شده بود. قابل یادآوری است که چند روز قبل از حادثه در طی بازدید بهره‌بردار محل، متوجه وجود آب درون اسکروهای خروجی مواد کولینگ تاور می‌شود که پس از اطلاع به واحدهای مربوطه اقداماتی جهت بررسی این موضوع و رفع آن صورت نمی‌گیرد که در نهایت پس از چند روز پدیده گل کردن رخ داده و منجر به گرفتگی و کوتینگ مواد در کولینگ تاور می‌شود. در ساعت ۸ صبح روز حادثه پرسنل تعمیراتی و بهره‌برداری به محل کولینگ تاور اعزام و اقدام به باز کردن دریچه‌ها جهت بازدید از آن نمودند تا عملیات سیخ زنی جهت رفع گرفتگی آغاز شود، پس از ۳ ساعت سیخ زنی عملیات آزاد سازی مواد بی‌نتیجه به پایان می‌رسد. در حدود ساعت ۱۳ به دلیل استارت بودن خط تولید و ورود هم‌زمان مواد به کولینگ تاور حجم زیاد مواد از دریچه‌های باز شده خارج می‌شود و در محیط اطراف پاشش می‌شود که سپس مجدداً کوتینگی دیگر در مسیر قرار گرفته و دوباره مسیر خروجی مسدود می‌گردد. در هنگام تعویض شیفت کاری پرسنل، به دلیل عدم تبادل اطلاعات کافی از آنچه رخ داده، عدم آشنایی افراد از این تجهیز و عدم اطلاع از اینکه چه میزان حجم مواد درون کولینگ تاور وجود دارد، مجدداً عملیات آزاد سازی در شب شروع می شود که در نهایت در ساعت ۱۱ شب حین سیخ‌زنی جهت رفع گرفتگی، حجم زیادی از مواد همانند صبح روز حادثه خروج کرده و از دریچه‌ها به بیرون پاشش شده که باعث سوختگی ۳ نفر از افراد در قسمت‌های دست و پا می‌شود. یکی از دلایل مؤثر دیگر در گرفتگی کولینگ تاور مقدار پاشش کم آب بوده است که یک عامل اصلی در نامنظم پاشیدن آب به درون کولینگ تاور می‌باشد و در راستای آن منجر به وجود آمدن کوتینگ شده است. در نهایت پیشنهاد می‌گردد که ابتدا به‌صورت منظم و مشخص هر یک از تعداد نازل‌های آب‌پاش درون کولینگ تاور بررسی و تست از سلامت وضعیت آن‌ها گرفته شود تا اطمینان از نحوه پاشش آن‌ها حاصل گردد و نازل‌های معیوب از رده خارج و تعمیر گردد همچنین آموزش‌های مناسب و مدون جهت مقابله با این موارد و تبادل اطلاعات میان این صنعت پرخطر صورت گیرد تا از رخ داد این‌چنین حوادثی جلوگیری گردد.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]



نمودار ۲. چارچوب HFACS برای حادثه کولینگ تاور

بحث

در این مطالعه از مدل HFACS تحلیلی و تئوری FAHP برای شناسایی خطاهای نهفته انسان در حوادث کارخانه سیمان استفاده گردید. هدف از بررسی و تجزیه و تحلیل حوادث نیز شناسایی بهتر عوامل انسانی می‌باشد که باعث سوانح می‌شوند تا با مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب از حوادث جدید جلوگیری شود. قلمرو فاکتورهای انسانی پیچیده می‌باشد و شامل شاخه‌های زیادی ازجمله روانشناسی، فیزیولوژی، جامعه‌شناسی، بیومکانیک، دانش سیستم‌ها و علم مدیریت است. برای کمک به تسهیل شناخت عوامل انسانی دخیل در حوادث سیمان از مدل سیستم طبقه‌بندی و آنالیز عوامل انسانی (HFACS) نیز استفاده شد. مدل HFACS در نگاه اول شاید پیچیده به نظر برسد، اما برای درک و استفاده از آن جهت آنالیز حوادث نیز دانستن چگونگی طرز تشکیل آن مهم می‌باشد. همان‌طور که گفته شد این مدل بر پایه مدل خطای انسانی James Reason (پنیر سوئیسی) می‌باشد. طبق این مدل خطای انسانی از چهار سطح دارای نقص تشکیل شده که هر سطح بر سطح بعدی تأثیر می‌گذارد.

یافته‌های این تحقیق نشان داد که خطاهای انسانی مربوط به ۹۵ حادثه به‌عنوان عوامل مؤثر در سطوح مختلف سازمان است. این یافته‌ها بیانگر این می‌باشند که دسته‌بندی خطاها با روش HFACS که در اصل کاربرد نظامی دارد برای صنایع سیمان هم قابل اجرا می‌باشد. با این حال، برخی از عوامل ایجاد خطا که در حوادث دخیل می‌باشند با استفاده از چارچوب HFACS قابل مشاهده نمی‌باشد. به‌عنوان مثال جو سازمانی و مدیریت منابع انسانی که از علت‌های اصلی حوادث می‌تواند بشمار آید درصد خیلی کمی از علت‌های حوادث را به خود اختصاص داده است.

تجزیه و تحلیل حوادث با استفاده از روش HFACS، صرف‌نظر از نوع صنعت بر اساس نوع حادثه گزارش می‌شود. تشریح علت‌های حادثه نیز اغلب شامل ذهنیت، فیلترینگ و شناسایی علل می‌باشد و این علت‌ها تحت تأثیر روش‌های جمع‌آوری داده‌ها می‌باشند. نتایج پژوهش حاضر طبق جدول ۹ نشان می‌دهد که سطح ۱ «اعمال ناایمن اپراتور» با وزن ۰/۲۷۲ بیش‌ترین تأثیر در بروز حوادث داشته است که در این سطح زیرگروه «خطاهای بر پایه مهارت» با وزن ۰/۲۶۹ بیشترین تأثیر را دارد و «خطای تصمیم» با وزن ۰/۲۱۳ کمترین تأثیر در بروز خطای انسانی دارد، سطح دوم با وزن ۰/۲۵۶سهم بسزایی در بروز حوادث دارد. در این سطح زیرگروه «محیط صنعتی» با وزن ۰/۱۵۵ مؤثرترین فاکتور در بروز خطای انسانی می‌باشد و زیر گروه »محدودیت‌های ذهنی یا فیزیکی» با ۰/۱۲۲ کمترین تأثیر داشته است، سطح ۳ با وزن ۰/۲۳۹ در بروز حوادث تأثیر دارند که »نظارت ناکافی» با وزن ۰/۳۵۲ بیشترین تعداد تأثیر را در چارچوب HFACS دارد، در این سطح زیرگروه تخطی بازرس کار با وزن ۰/۱۷۳ کمترین تأثیر داشته است. سطح چهارم با وزن ۰/۲۳۳کمترین تأثیر در بین ۴ سطح را داراست که بالاترین تأثیر در این سطح »مدیریت منابع» با وزن ۰/۳۹۳ از علل بروز حوادث را به خود اختصاص داده است. در این سطح زیر گروه «جو سازمانی» با وزن ۰/۲۹۰ کمترین تأثیر را داشته است.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

طبق مشاهدات و اطلاعات به‌دست‌آمده، از علل اصلی بالا بودن اعمال ناایمن در بین اپراتورها می‌توان به عدم استفاده از وسایل حفاظت فردی، به‌کارگیری تجهیزات معیوب یا ناایمن، فشار زمانی برای انجام کار، خستگی و بی‌تجربگی، شوخی در هنگام کار، تنظیم و تعمیر دستگاه در حین کار، عدم رعایت دستورالعمل‌های تعیین شده (مانند دستورالعمل کار در ارتفاع)، کار با ماشین با سرعت غیرمجاز، کار با وسایلی که در حیطه تخصصی فرد نیست، دخالت در کار دیگران، استفاده از ابزار ناقص و معیوب، حرکات خطرناک مثل دویدن، توقف ناگهانی، پرت کردن اشیاء و غیره، عدم پیروی از موازین قانونی (مانند سیگار کشیدن) و عدم برگزاری جلسات آموزشی قبل از انجام کار اشاره کرد. در سطح پیش شرایط به وجود آمدن اعمال ناایمن مواردی چون شرایط نامناسب جوی (مانند کار کردن در هوای گرم)، لغزنده بودن محیط کار، تهویه نامناسب، عدم وجود نرده ایمنی در مکان‌هایی که احتمال سقوط افراد یا اشیاء وجود دارد، عدم تناسب جرثقیل با بار، عدم روشنایی یا ناکافی بودن نور در محیط کار، صدای بیش از حد تجهیزات اشاره کرد، همچنین در سطح بررسی یا نظارت ناایمن به مواردی از قبیل: عدم انجام تدابیر فنی و مهندسی، عدم حفاظ تجهیزات لازم اشاره کرد و در نهایت در سطح تأثیرات سازمانی به عواملی چون: فقر آموزش‌های عمومی و تخصصی، فرهنگ‌سازی ضعیف در حوزه ایمنی، کمبود علائم هشداردهنده (مثل استفاده از کلاه ایمنی، خطر سقوط و غیره) نام برد. در مطالعه babaipoya و همکاران نیز فاکتورهایی همچون بار کاری زیاد، پیچیدگی کار، فاکتورهای سازمانی مانند کمبود نیروی کاری، زمان ناکافی برای تکمیل کار و ... در بروز خطای انسانی تأثیرگذار شناخته شده‌اند (۲۷).

محققین زیادی به بررسی و آنالیز علل بروز حوادث پرداخته‌اند که نتایج این تحقیقات با توجه به سازمان موردنظر و شرایط و محیط کاری متفاوت می‌باشد. Shirali و همکاران در سال ۲۰۱۳ به تجزیه و تحلیل حوادث روزمره صنایع فولاد با استفاده از روش HFACS پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین خطاهای انسانی در سطح ۱ خطاهای مبتنی بر مهارت (۹/۵۱ درصد) در سطح دوم 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 می‌باشند (۲۱).

پژوهش Michael lenne و همکاران در سال ۲۰۱۱ به‌منظور درک بهتر از عوامل سیستماتیک دخیل در حوادث معدن انجام شده است و نقص نظارتی و سازمانی و عملکرد غیراستاندارد اپراتور را پیش‌بینی می‌کند. بدین منظور ۲۶۳ حادثه که بیشتر در قسمت عملیات رخ داده بود در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ در معدن استرالیا با استفاده از چارچوب HFACS تجزیه و تحلیل کردند و دریافتند که در سطح ۱ «خطای مهارتی» با ۶۳/۹ درصد، سطح ۲ «محیط فیزیکی» با ۵۵/۹ درصد، سطح ۳ «عملیات نامناسب برنامه‌ریزی‌شده» با ۳۳/۱ درصد و در بالاترین سطح، زیرگروه «فرایند سازمانی» با ۶۵/۴ درصد بیشترین تعداد تکرار در دارند (۲۲). در پژوهش بابائی پویا و همکاران در یک صنعت سیمان خطای عملکردی بیشترین نوع خطای شناسایی شده است (۲۸).

در تحقیقی دیگر در سال ۲۰۱۱ توسط Li-Yang ting و همکاران انجام شد، در این پژوهش ۵۴۵ حادثه را بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۸ با استفاده از چارچوب HFACS بررسی شد و نتایج نشان داد که در سطح ۱ خطاهای متنی بر مهارت با ۴۵ درصد بیشترین تعداد تکرار را در چارچوب HFACS داشته است و در سطح ۲، حالت‌های ذهنی نامطلوب با ۳۴/۷ درصد، در سطح ۳ نظارت ناکافی با ۳۵ درصد و در بالاترین سطح مدیریت منابع با ۳۵/۴ درصد مؤثرترین زیرگروه در سطح ۴ در بروز حوادث داشته است (۲۳).

Metin Celik و Selcuk Cebib در سال ۲۰۰۹ حوادث دریایی را با استفاده از روش HFACS مبتنی بر تئوری FAHP تجزیه و تحلیل کردند و دریافتند که در سطح اول زیرگروه خطای بر پایه مهارت با وزن ۰/۶۰، سطح دوم فاکتورهای برنامه‌ریزی، ارتباطات و هماهنگی با وزن ۰/۶۱، سطح سوم زیرگروه نظارت ناکافی با وزن ۰/۳۲ و سطح چهارم زیرگروه فرایند سازمانی با وزن ۰/۵۰ بیشترین تأثیر در بروز حوادث داشتند (۱۶).

Wiegman و Shappell در سال ۲۰۰۴ حوادث صنایع هوایی غیرنظامی ایالات‌متحده بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۶ با استفاده از چارچوب HFACS تجزیه و تحلیل کردند و دریافتند که در سطوح چهارگانه HFACS زیرگروه‌های «خطای مهارتی» ۶۰/۵ درصد، «خطای

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]
[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

ادراکی» ۲۹/۴ درصد «خطای تصمیم» ۲۸/۶ درصد، «تخطی‌ها» ۲۶/۹ درصد، «فرایند سازمانی» ۸/۴ درصد، «مدیریت منابع» ۲/۵ درصد و «نظارت ناکافی» ۵ درصد از حوادث را شامل می‌شوند (۲۴).

نتایج مطالعه حاضر مشابه نتایج حاصل از تحقیق Omole و Walker در سال ۲۰۱۵ بر روی حوادث حمل و نقل فراساحلی و مطالعه Shirali و همکاران در سال ۲۰۱۳ بر روی حوادث صنایع فولاد و مطالعه Ting در سال ۲۰۱۱ بر روی حوادث صنایع هوایی که با استفاده از روش HFACS انجام شدند می‌باشد و در آن بیشترین علل بروز خطاهای منجر به حادثه را اعمال ناایمن تشکیل می‌داد (۲۱, ۲۳, ۲۵).

نتیجه گیری

این مطالعه نشان می‌دهد که روش HFACS برای تجزیه و تحلیل گسترده حوادث صنایع سیمان مناسب می‌باشد. هدف از این مطالعه توسعه یک روش تحلیلی برای شناسایی خطای انسانی نهفته و ارائه یک استراتژی برای کاهش خطای انسانی بود در این مطالعه برای شناسایی علل حوادث از متخصصین و کارشناسان و همچنین از مدل‌های HFACS، RCA و FAHP استفاده شد. ابزارهایی نظیر HFACS می‌تواند درک صحیحی از خطای انسانی و ساز و کارهایی که سبب بروز حوادث می‌شوند را پیش روی قرار دهد نتایج نشان داد خطاها علت‌های مختلفی از جمله فردی، وابسته به فعالیت (وظیفه)، موقعیتی و سازمانی دارند که برای حذف یا کاهش این خطاها نیازمند برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق و صحیح می‌باشد این کاهش خطا با توجه به نظریه کارشناسان ایمنی، بهداشت و محیطزیست کارخانه سیمان به ترتیب شامل: ۱) ارتقا و اثربخشی آموزش کارکنان؛۲) تدوین و دستورالعمل‌های ایمنی؛ ۳) بهبود نظارت بر عملکرد کارکنان؛ ۴) شناسایی، ارزیابی و حذف ریسک‌های پرخطر؛ ۵) بهبود سامانه‌های مدیریتی و تجهیزاتی؛ ۶) تغییر نگرش ایمنی؛ ۷) انجام تمهیدات لازم جهت پیشگیری از وقوع حوادث احتمالی؛ ۸) انجام تمهیدات لازم جهت جلوگیری از تکرار حوادث به وقوع پیوسته؛ ۹) تدابیر فنی و مهندسی است. این پژوهش از خطاهای فعال و خطاهای نهفته مدل ریزن در سازمان حمایت می‌کند. چارچوب HFACS هر دو پایه نظری و عملی را برای توصیف اجزای متعدد بررسی حوادث و برنامه پیشگیری از حوادث در آینده می‌باشد. همچنین یافته‌های این مطالعه نشان داد که با روش تجزیه و تحلیل برگ خریدهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم (HFACS) و تئوری تجزیه و تحلیل سلسه‌مراتبی فازی (FAHP) می‌توان خطاهای انسانی مسبب حوادث در صنایع کارخانه‌های سیمان را شناسایی و ارزیابی کرد و آن‌ها را کاهش داد. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به عدم دسترسی به برخی اطلاعات جزئی حوادث مورد بررسی اشاره داشت که پیشنهادها می‌گردد جهت پیاده‌سازی مطالعه‌ای مشابه در سایر محیطهای صنعتی در مرحله اولیه از دسترسی و کفایت اطلاعات در خصوص حوادث اطمینان حاصل کرد.

سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله از مدیریت محترم صنعت سیمان مورد نظر در خصوص همکاری انجام این پژوهش مراتب تشکر خود را اعلام می‌دارند.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

References:

1. Amiri M, Ardeshir A, Zarandi MHF. ***Risk-based analysis of construction accidents in Iran during 2007-2011-meta analyze study.*** Iranian journal of public health. 2014; 43(4): 507. [Persian]
2. Warch SL. ***Quantifying the financial impact of occupational injuries and illnesses, and the costs and benefits associated with an ergonomic risk control intervention within the uniprise business segment of united health group [MS thesis].*** Graduate College, University of Wisconsin, USA. 2002.
3. Hu WL, Meyer JJ, Wang Z, Reid T, Adams DE, Prabnakar S, et al. ***Dynamic data driven approach for modeling human error.*** Procedia Computer Science. 2015; 51: 1643-54.
4. Daramola AY. ***An investigation of air accidents in Nigeria using the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) framework.*** Journal of Air Transport Management. 2014; 35: 39-50.
5. Feyer AM, Williamson AM, Cairns DR. ***The involvement of human behaviour in occupational accidents: errors in context.*** Safety Science. 1997; 25(1): 55-65.
6. DIEHL A. ***The effectiveness of training programs for preventing aircrew'error'.*** International Symposium on Aviation Psychology, 6th, Columbus, OH; 1991.
7. Jensen RS. ***The boundaries of aviation psychology, human factors, aeronautical decision making, situation awareness, and crew resource management.*** The international journal of aviation psychology. 1997; 7(4): 259-67.
8. Cacciabue PC. ***Human error risk management methodology for safety audit of a large railway organization2005a.***
9. Shappell SA, Wiegmann DA. ***A human error approach to accident investigation: The taxonomy of unsafe operations.*** The International Journal of Aviation Psychology. 1997; 7(4): 269-91.
10.Reason J. ***Human error:*** Cambridge university press; 1990.
11.Dekker SW. ***Reconstructing human contributions to accidents: the new view on error and performance.*** Journal of Safety Research. 2002; 33(3): 371-85.
12.Reinach S, Viale A. ***Application of a human error framework to conduct train accident/incident investigations.*** Accident Analysis & Prevention. 2006; 38(2): 396-406.
13.Milligan FJ. ***Establishing a culture for patient safety–The role of education. Nurse Education Today.*** 2007; 27(2): 95-102.
14.ElBardissi AW, Wiegmann DA, Dearani JA, Daly RC, Sundt TM. ***Application of the human factors analysis and classification system methodology to the cardiovascular surgery operating room.*** The Annals of Thoracic Surgery. 2007; 83(4): 1412-9.
15.Shirali G, Karami E, Goodarzi Z. ***Human errors identification using the human factors analysis and classification system technique (HFACS).*** Journal of Health and Safety at Work. 2013; 3(3): 45-54. [Persian]
16.Celik M, Cebi S. ***Analytical HFACS for investigating human errors in shipping accidents.*** Accident Analysis & Prevention. 2009; 41(1): 66-75.
17.Mikhailov L, Tsvetinov P. ***Evaluation of services using a fuzzy analytic hierarchy process.*** Applied Soft Computing. 2004; 5(1): 23-33.
18.Rooney JJ, Heuvel LNV. ***Root cause analysis for beginners.*** Quality progress. 2004; 37(7): 45-56.
19.Zadeh LA. Fuzzy sets. ***Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, And Fuzzy Systems: Selected Papers by Lotfi A Zadeh:*** World Scientific; 1996. p. 394-432. [Persian]
20.Xu Z, Khoshgoftaar TM, Allen EB. ***Application of fuzzy expert systems in assessing operational risk of software.*** Information and software technology. 2003; 45(7): 373-88.
21.Shirali G, Karami E, Goodarzi Z. ***Human errors identification using the human factors analysis and classification system technique (HFACS).*** Health and Safety at Work. 2013; 3(3): 45-54. [Persian]

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

22.Lenne MG, Salmon PM, Liu CC, Trotter M. ***A systems approach to accident causation in mining: an application of the HFACS method.*** Accident analysis & prevention. 2012; 48: 111-7.
23.Ting FALY, Dai SBDM. ***The identification of human errors leading to accidents for improving aviation safety.*** Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2011 14th International IEEE Conference on; 2011: IEEE.
24.Shappell S, Wiegmann D. ***HFACS analysis of military and civilian aviation accidents: A North American comparison.*** Proceedings of the Annual Meeting of the International Society of Air Safety Investigators; 2004.
25.Omole H, Walker G. ***Offshore transport accident analysis using HFACS.*** Procedia Manufacturing. 2015; 3: 1264-72.
26.Petruni A, Giagloglou E, Douglas E, Geng J, Leva MC, Demichela M. ***Applying Analytic Hierarchy Process (AHP) to choose a human factors technique: Choosing the suitable Human Reliability Analysis technique for the automotive industry.*** Safety Science. 2017 May 29.
27.Babaeipouya A, Mosavianasl Z, Amani S, Moazez Ardebili N. ***Human error analysis in neonatal intensive care unit by predictive analysis of cognitive errors.*** J Occup Environ Health. 2017; 3(1): 38-47. [Persian]
28.Babaei Pouya A, Hazrati S, Mosavianasl Z, Habibi E. ***Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach: Case Study in Cement Industry Control Room.*** Journal of Occupational and Environmental Health. 2017; 2(4): 272-84. [Persian]
29.Nezamodini Z, Ahmadabadi S, Mosavianasl Z. ***Application of job safety analysis and inspecting the changes in identification of hazards in a cement industry in Fars province in 2017.*** International Journal of Biomedicine and Public Health. 2019 Mar 31; 2(1): 26-30. [Persian]

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]

Identification and evaluation of human errors esing human factor analysis and classification system based on fuzzy hierarchy theory: a case study in the cement industry

Afshari D[1], Jafarzadeh Z[2], Mosavianasl Z[3], Jahani F[4*]

1. Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
2. M.Sc. in Occupational Health Engineering, Jundishapour University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
3. Instructor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Larestan University of Medical Sciences, Larestan, Iran.
4. Department of Safety Engineering, Lamerd Higher Education Center, Lamerd, Iran.

Abstract

***Introduction*:** Human factors studies have shown that about 80% of the root causes of major accidents have effected on safety, the environment or ergonomics are related to the human error. The purpose of this study was to identify human errors using the HFACS method and the FAHP theory in cement industry.

Methods: The present study was a retrospective study carried out in one cement industry of fars provience. At first, the RCA analysis of 95 incidents occurred during the past six years was prepared. Then, by integrating the human factors analysis and classification system technique) HFACS(and the theory of fuzzy analytic hierarchy process) FAHP(by 4 safety engineers of the factory was analyzed.

Results: The results of this study showed that the highest errors were related to the first level with the weight of 0.272, that was, the errors caused by unsafe acts, at this level of the subgroup of "skill-based error" with the weight of 0.269, the 2nd level of the sub-group of "industrial environment" with the weight of 0.155 , the 3rd subgroup of "inadequate supervision" with the weight of 0.352 and the 4th sub-category of "resource management" with the weight of 0.393 had the highest impact on the levels.

Conclusion: The results show that errors have various causes, including individual, activity, situational, and organizational errors that require careful planning and management to eliminate or reduce these errors. This error reduction, according to safety expert theory, health and environment of the cement plant, including the promotion and effectiveness of staff training, safety guidelines, improvement of staff performance monitoring, identification, evaluation and elimination of high-risk risks, improvement of management and equipment systems, changing safety attitudes, as well as enhancing safety attitudes. Awareness can help reduce the likelihood of human error in the organization.

Keywords: Human error, Cement factory, Root cause analysis, HFACS technique, FAHP technique.

This paper should be cited as:
Afshari D, Jafarzadeh Z, Mosavianasl Z, Jahani F***. Identification and Evaluation of Human Errors Using Human Factor Analysis and Classification System based on Fuzzy Hierarchy Theory: A Case Study in the Cement Industry*.** Occupational Medicine Quarterly Journal 2019; 11(1):42-58.

**** Corresponding Author:***
Email: jahani.f71@gmail.com
Tel: 09178816063
Received: 13.08.2018 ***Accepted: 24.08.2019***

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-04-10]

[DOI: 10.18502/tkj.v11i1.1777]