مطالعات مدیریت راهبردی
شماره ۴۱ ـ بهار ۹۹
ص‌ص ۱۹۸-۱۷۵

ارزیابی پویای اثربخشی سیاست‌های توسعه سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی

مهدی باستان*، علی‌محمد احمدوند، لیلا عزیزی*****

چکیده

توسعه سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی در هر سازمان به‌منظور ایجاد محیط کار بدون ترس از حادثه و نیز اجتناب از بیماری‌های شغلی ضروری است. حفاظت از کارگران در مقابل عوارض سوء ناشی از مواجهه با عوامل مخاطره‌زا، نیازمند مداخلات اثربخش پیشگیری در محیط کار و توسعه سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی است. حوادث شغلی، حاصل وجود مجموعه‌ای از موارد ناایمن شامل اعمال و شرایط ناایمن هستند که به همراه عوامل کمک‌کننده دیگر منجر به بروز سوانح و آسیب‌های شغلی می‌شوند. ازاین‌رو درک و فهم ساختار مولد حوادث شغلی با تأکید بر شناسایی روابط فی‌مابین اجزا به نگاهی همه‌جانبه‌نگرانه به‌منظور ایجاد مداخلات لازم ضروری است. همچنین وجود یک سیستم پشتیبان تصمیم به‌منظور ارزیابی مبتنی بر مدل اثربخشی سیاست‌های بهبود سیستم، امکان توسعه اثربخش آن را فراهم می‌نماید. با هدف پاسخ به این نیاز، پژوهش حاضر با به‌کارگیری روش‌شناسی پویایی‌شناسی سیستم، برای مدل شبیه‌سازی حوادث شغلی و بازنمایی روابط اجزا ارائه می‌نماید. همچنین نتایج اجرای سه راه‌کار ایجاد مهندسی عوامل انسانی، ایجاد فرهنگ ایمنی و استانداردسازی محیط روی مدل شبیه‌سازی گردید. نتایج نشان می‌دهد سیاست‌های ایجاد فرهنگ ایمنی و مهندسی عوامل انسانی هر دو قدرت بالایی در کاهش حوادث در کوتاه‌مدت دارند اما در بازه زمانی طولانی‌مدت، ایجاد فرهنگ ایمنی، اثربخش‌ترین سیاست توسعه سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی با ایجاد روند نزولی در رخداد حوادث شغلی است.

کلید واژه‌ها: اعمال ناایمن، شرایط ناایمن، فرهنگ ایمنی، مهندسی عوامل انسانی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۲۶، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۰۲.

* استادیار، دانشگاه ایوانکی، گرمسار، ایران (نویسنده مسئول)

Email: bastan@ut.ac.ir

** استاد، دانشگاه ایوانکی، گرمسار، ایران.

*** کارشناسی ارشد، دانشگاه ایوانکی، گرمسار، ایران.

.

۱. مقدمه

به‌دنبال پیشرفت صنعتی و ورود ماشین‌آلات به عرصه زندگی افراد و پررنگ‌تر شدن نقش تجهیزات و دستگاه‌ها در فرآیندهای کاری و افزایش تعامل انسان‌ها با اجزای محیط‌های صنعتی، سازمان‌ها با چالش‌های جدید و مستمری در رابطه با موضوع ایمنی و بهداشت شغلی مواجه شدند، به‌طوری‌که تنها رعایت قوانین قدیمی موجود برای رهایی سازمان‌ها کافی به نظر نمی‌رسد، لذا برای نجات و اعتلای سازمان و نیروی انسانی، جلوگیری از خسارت وارده به تجهیزات و تأسیسات، مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی برای خاتمه دادن به‌تمامی دغدغه‌های موجود پا به عرصه صنعت نهاد. در حال حاضر حوادث شغلی پس از بیماری‌های قلبی و عروقی، سرطان و سکته پنجمین علت اصلی مرگ افراد است [۷].

بر طبق گزارش سازمان بین‌المللی کار[۱] حوادث شغلی و بیماری‌های ناشی از کار باعث بیش از ۲/۳ میلیون مرگ‌ومیر در سال ۲۰۰۱ رقم زده است. همچنین بیش از ۳۵۰،۰۰۰ حوادث شغلی کشنده، ۳۱۳ میلیون حوادث شغلی غیرکشنده (نیاز به حداقل چهار روز غیبت از کار است) و نزدیک به دو میلیون از بیماری‌های ناشی از کار برآورد شده است. در بعد اقتصادی حدود چهار درصد از درآمدسرانه‌ی کشورهای جهان به معالجه و پرداخت غرامت قربانیان حادثه و بیماران ناشی از کار و همچنین پرداخت دستمزد امدادگران می‌رسد [۳].

به‌تدریج مشخص شد که باید به مسائل و مشکلات اقتصادی، اجتماعی و بوم‌شناختی ناشی از حوادث صنعتی توجه بیشتری شود. بروز حوادثی مانند فاجعه بوپال[۲] در هندوستان و فاجعه نیروگاه اتمی چرنوبیل[۳] حساسیت متخصصین را نسبت به اثرات این‌گونه حوادث و ریسک ناشی از فعالیت‌های صنعتی برانگیخت. حوادث سازمانی حوادث نادر اما فاجعه‌بار هستند؛ در مقایسه با حوادث انفرادی، حوادث سازمانی شامل رفتار پیچیده سازمانی که معمولاً خارج از کنترل قربانیان حادثه هست، هستند [۲۸]. در سال ۲۰۰۵ آتش‌سوزی در پالایشگاه بی‌پی[۴] تگزاس منجر به ۱۵ نفر کشته و ۱۸۰ نفر مجروح گردید و باعث زیان مالی بیش از ۱/۵ میلیارد دلار ایجاد نمود. انفجار معدن زغال‌سنگ وستری[۵] کانادا [۱۹]، سقوط بزرگراه نیکول[۶] در سنگاپور [۲۲]، تراژدی شاتل فضایی کلمبیا [۱۳] و انفجار معدن مورا[۷] در استرالیا [۱۵] از نمونه‌های دیگر حوادث شغلی معروف هستند. آمار و ارقام تأسف‌بار نشان می‌دهد که به سه دلیل عمده باید به ایمنی اهمیت داده شود؛ نخست آن‌که از دست رفتن جان انسان‌ها و یا آسیب آن‌ها، در نظر هیچ فردی پسندیده و اخلاقی نیست. دیگر آن جامعه و نیز، مقامات قانونی انتظار دارند، که همه کارها، ایمن و بدون خطر انجام شود. همچنین توجه به این مهم که ایمنی، سود اقتصادی را به دنبال دارد.

درگذشته و مطابق رویکردهای سنتی بررسی حوادث، با تأکید بر پیامدها، اعمال ناایمن کارکنان عملیاتی و موضوعات شناخته‌شده و آشکار ایمنی بر این نکات توجه می‌شد که چه رخ‌داده است و چه کسی مسئول آن بوده و چه موقع رخ داده است؟ حال‌آنکه رویکردهای جدید، با تأکید بر چرایی و چگونگی به‌کار گرفته‌شده در ۵۰ سال اخیر وقوع یک رویداد، از نقایص ایمنی و دلایل نهفته و زیربنایی پرده برمی‌دارد. ازاین‌رو نگاه سیستمی به مسئله بروز حوادث در فهم درست مسئله و ارائه راه‌کار برای آن بسیار اثربخش است. یک سیستم مدیریت ریسک ایمنی

---

[۱] International Labour Organization (ILO)

[۲] Bhopal disaster

[۳] Chernobyl disaster

[۴] BP's Texas City Refinery

[۵] Westray Mine

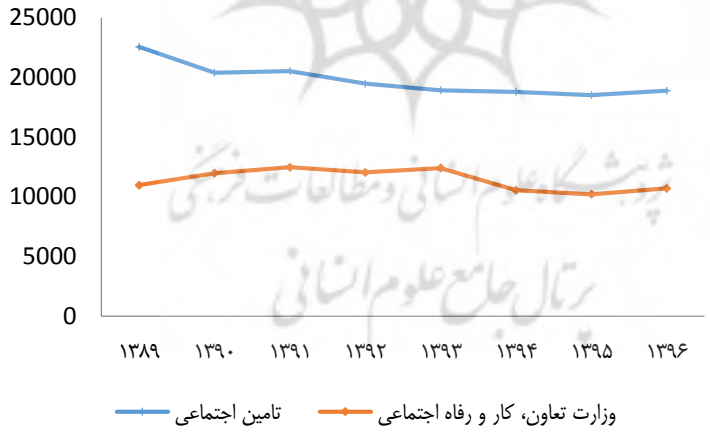
[۶] Nicoll Highway Collapse

[۷] Moura mine Disaster

و بهداشت شغلی سازمان را در شناسایی، حذف و یا به حداقل رساندن ریسک‌های مرتبط با مسائل بهداشتی و ایمنی شغلی و حفظ سلامت کارکنان یاری می‌نماید. این سیستم با تکیه بر کاهش حوادث به حفظ سلامت و صیانت نیروی کار و سازمان می‌پردازد.

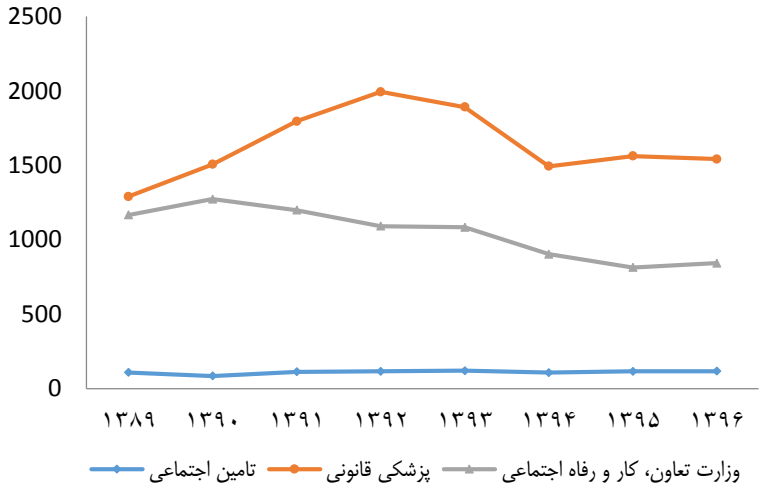
عمده حوادث به علت اعمال ناایمن یا خطای انسانی و ضعف مدیریت، کارکنان و طراحان رخ می‌دهند، بنابراین برای رسیدن به عملکرد ایمن و با استاندارد، لازم است که افراد کارها را به‌طور صحیح انجام دهند و باید هر نفر در یک سطح بالایی از ایمنی، آگاهی داشته باشد برای حصول استانداردهای بالای ایمنی ضروری است که به یک آگاهی فطری به‌جای آگاهی عمدی دست یافت. همچنین دستیابی به محل ایمن کار نیز تنها در صورتی امکان‌پذیر است که سیستم‌های ایمنی تدوین گردند و به‌طور صحیح به‌کار گرفته شوند؛ بنابراین به فرهنگ ایمنی مناسب نیاز است. پس از آن‌که تعهد کافی به‌دست آید و فرهنگ ایمنی صحیح ایجاد شد، لازم است که شرایط حصول عملیات ایمن نیز فراهم گردد؛ این شرایط تنها زمانی به‌دست می‌آیند که از عوامل بروز حوادث و خطرات آگاهی کامل حاصل گردد [۳۵].

مزایای قانونی، اخلاقی و مالی مراقبت کارکنان از طریق سیستم‌های مدیریت ایمنی برای کارفرمایان آشکار و درک شده است؛ همچنین به‌کارگیری از فناوری‌های پیشرفته‌تر در شرکت‌ها و سازمان‌ها روند صعودی داشته است، اما علی‌رغم این بهبودها در سال‌های اخیر، هنوز هم بروز حوادث شغلی و آسیب‌دیدگی روند غیرقابل‌قبول دارد. با توجه به مزایای رعایت ایمنی و اهمیت موضوع سلامت نیروی کار و نیز به هزینه‌زایی حوادث، توسعه سیستم ایمنی و بهداشت و انجام اقدامات تأمینی به‌منظور پیشگیری از حوادث و خطرات محیط کار ضروری است. متأسفانه علی‌رغم توسعه استانداردها، آموزش‌ها و سیاست‌های پیشگیرانه ایمنی و بهداشت شغلی، همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود تعداد حوادث ناشی از کار بر اساس آمارهای وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی و همچنین سازمان تأمین اجتماعی همچنان روند نانزولی خود را دارد.



نمودار ۱. روند حوادث ناشی از کار در ایران [۲۰]

لازم به ذکر است فقدان یکسان بودن تعاریف و مفاهیم در خصوص حادثه ناشی از کار موجب ایجاد مغایرت در داده های سازمان تامین اجتماعی و وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی گردیده است. همچنین روند تعداد حوادث ناشی از کار منجر به فوت بر اساس داده های سازمان تأمین اجتماعی، پزشکی قانونی و وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی در نمودار ۲ نشان داده شده است.



نمودار ۲. روند حوادث ناشی از کار منجر به فوت در ایران [۲۰]

پیشگیری از حادثه در گرو ریشه‌یابی علت‌ها و درک رابطه‌ی علت و معلولی در فرایند شکل‌گیری حادثه است؛ اما مهم‌تر از آن مسئله مهم و اصلی در این میان، درک ساختار پیچیده رخداد حوادث شغلی با دیدی همه‌جانبه‌نگر و یافتن راه‌کارهای مناسب برای مدیریت اثربخش آن است. به‌منظور تحقق این هدف، پژوهش حاضر در شش بخش سازمان‌دهی شده است. در بخش بعدی پژوهش‌های پیشین مورد بررسی قرار گرفته است. پس از آن روش‌شناسی پژوهش حاضر ارائه شده و در بخش بعدی با اجرای روش، حلقه‌های بازخوردی مؤثر در مسئله بازنمایی و پس از تدوین معادلات ریاضی، مدل پویایی‌شناسی سیستم برای مسئله ارائه شده است. در بخش نهایی سیاست‌های مختلف تصمیم در قالب سناریو روی مدل اجرا و نتایج مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته و در پایان نتیجه‌گیری انجام شده است.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

پژوهش‌های بسیاری در زمینه ایمنی، بهداشت، مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی، تجزیه‌وتحلیل حوادث، شناسایی خطرات و مدیریت ریسک شده است. هاچلر و سائر[۱] مشکل ایمنی در محیط کار و تأثیر اقتصادی آن مخصوصاً در برخی بخش‌های اقتصادی که احساس می‌شود حوادث بیشتری نسبت به بخش‌های دیگر در آن اتفاق می‌افتد، تحلیل نموده‌اند. آن‌ها نشان دادند به‌کارگیری امور ایمنی و روندهای استانداردسازی شده به کاستن هزینه‌های تجاری می‌انجامد [۱۷].

هان[۲] از کلیدهای مدیریت ایمنی موفق را ایجاد یک فرهنگ ایمنی قوی در یک شرکت می‌داند. مدل فرهنگ ایمنی پیشنهاد شده به چهار بخش تقسیم می‌شود: ۱) زیرسیستم شخصی که منجر به مشارکت در بهبود ایمنی می‌شود؛ ۲) یک زیرسیستم رفتار، بدین ترتیب زیرسیستم فردی با مشارکت در بهبود ایمنی بر محیط‌های ایمنی تأثیر می‌گذارد؛ ۳) زیرسیستم مدیریتی که نشان‌دهنده عوامل مؤثر بر بهره‌وری مدیریت ایمنی است و ۴) زیرسیستم اندازه‌گیری که برای ارزیابی عملکرد استفاده می‌شود [۱۴].

---

[۱] Huchler and Sauer

[۲] Han

کوپر[۱] یک فرهنگ ایمنی را به سه جزء تقسیم می‌کند؛ فرد (ایمنی محیطی)، رفتار (رفتار ایمنی) و وضعیت (سیستم مدیریت ایمنی). به اعتقاد کوپر، فرهنگ ایمنی دارای ابعاد روان‌شناختی، رفتاری و موقعیتی است. بعد روان‌شناختی فرهنگ ایمنی، عقاید، نگرش‌ها، ارزش‌ها و ادراکات افراد و گروه‌ها در تمامی سطوح سازمان را در برمی‌گیرد و به این نکته اشاره دارد که افراد درباره ایمنی و سیستم‌های مدیریت ایمنی چه احساسی دارند. بُعد رفتاری به آن‌چه افراد در سازمان انجام می‌دهند، مرتبط است و شامل فعالیت‌ها، اقدامات و رفتارهای کارکنان است. بُعد موقعیتی فرهنگ ایمنی، آنچه سازمان دارد را تشریح می‌کند. این بُعد در خط‌مشی‌ها، دستورالعمل‌های عملیاتی، سیستم‌های مدیریتی، سیستم‌های کنترل، فرایندهای اطلاع‌رسانی و نمودارهای فرآیندی در سازمان منعکس می‌شود [۸].

فراتر از دیدگاه متعارف که خطاهای انسانی و شرایط فیزیکی ناایمن باعث وقوع حوادث می‌شود، لازم است که ایمنی را با پیش‌بینی خطرات و برنامه‌ریزی برای سازمان برای بهبود ایمنی به حالت قابل‌قبول کنترل کرد، درست همان‌طور که بار در یک منحنی فشار تنش باید در منطقه الاستیک برای جلوگیری از تغییر شکل مواد باشد [۲۹]. این روش یک جهت جدید در مدیریت ایمنی را فراهم می‌کند و اخیراً در تحت عنوان مفهوم مقاومت در نظر گرفته شده است [۱۱].

هادسون[۲] اجزاء کلیدی فرهنگ ایمنی را فرهنگ گزارش‌دهی، فرهنگ عادلانه یا فرهنگ عاری از سرزنش، فرهنگ منعطف و فرهنگ یادگیری معرفی کرده است [۱۸].

آلتنبچ[۳] روش‌های انواع ارزیابی ریسک را به دو دسته کمّی و کیفی تقسیم می‌کند. ارزیابی ریسک کمی بر اساس داده‌های آماری درباره کمّیت و نوع حوادث در محل کار، بیماری‌های مرتبط با کار و سایر حوادث خطرناک انجام می‌شود. ریسک به‌صورت عددی محاسبه می‌شود. رویکرد کیفی بر ارزیابی مبتنی بر قضاوت افراد درگیر در فرآیند ارزیابی استوار است، به همین دلیل است که آن را بیشتر ذهنی در نظر گرفته است. احتمال و پیامد و همچنین خطر، با استفاده از مقیاس نسبی پیش تعیین‌شده تخمین زده می‌شود [۲]. رویکردهای ارزیابی ریسک هر یک مزایا و محدویت هایی دارند. در بسیاری از موارد یک طرح کیفی به دلیل سرعت بیشتر، نیاز به زمان کمتر، صرف هزینه کمتر و ارائه یافته‌های ساده برای رفع ریسک و اقدامات کنترل مناسب کافی است. این نوع ارزیابی به‌ویژه در مواردی که داده‌های عددی در دسترس نبوده، منابع (بودجه یا تخصص) محدود هستند و زمان مجاز کم است، مطلوب هستند [۲۷]. در مقابل تجزیه‌وتحلیل کمّی نیاز به اطلاعات قابل‌اعتماد دارد، این امر مستلزم آموزش بیشتر، به‌کارگیری علوم آماری، تجزیه‌وتحلیل فقدان قطعیت، استفاده از ابزارهای ریاضی و شبیه‌سازی است. تجزیه‌وتحلیل کمّی، روشی بسیار وقت‌گیر و پرهزینه است. ازاین‌رو، رویکردهای کیفی در استفاده بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بارون[۴] به مزایای ارزیابی ریسک در سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی پرداخته است. ازنظر وی سلامت و ایمنی شامل محافظت از افراد در برابر خطرات در محل کار، کنترل خطرات مرتبط و ایجاد یک محیط کار خوب است [۴].

محیط کاری سالم و ایمن نیز از دیدگاه اقتصادی مهم است. منابع مالی که برای بهبود سلامت و ایمنی مصرف می‌شود را باید سرمایه‌گذاری طولانی‌مدت برای رفاه کارکنان در نظر گرفت. رویکرد پیشگیرانه برای سلامتی و ایمنی مؤثرترین راه برای جلوگیری از حوادث و بیماری‌های مرتبط با کار و بهبود عملکرد شرکت‌ها

---

[۱] Cooper

[۲] Hudson

[۳] Altenbach

[۴] Baron

است و باعث ایجاد اعتمادبه‌نفس کارکنان و یافتن شرکای تجاری مناسب می‌شود [۴]. مویزر[۱] در پژوهش خود با ارائه یک مدل پویایی‌شناسی سیستم، بر فرهنگ ایمنی گزارش حوادث و بالاتر از همه مدیریت مخاطرات تأکید می‌کند [۲۵].

عزیزی، باستان و احمدوند نشان دادند با بهره‌گیری از رویکرد سیستمی در تحلیل، امکان ارائه راه‌کارهای مناسب جهت شناسایی و کنترل مخاطرات ایمنی و بهداشت شغلی و بهبود مدیریت ریسک وجود دارد. آن‌ها عملکرد ایمنی و بهداشت شغلی را درنتیجه اجرای صحیح زیرسیستم شناسایی خطرات ایمنی و بهداشت شغلی، ارزیابی و کنترل ریسک امکان‌پذیر است. همچنین نشان دادند که اجرای صحیح این زیرسیستم با عواملی همچون توانمندسازی منابع انسانی، تعهد به خط‌مشی ایمنی و بهداشت شغلی، برنامه‌های بهبود ایمنی و بهداشت شغلی، توسعه و بهبود زیرساخت، فرهنگ‌سازی و تجزیه‌وتحلیل حوادث، کنترل پیمانکاران، واکنش در شرایط اضطراری و ممیزی‌ها صورت می‌پذیرد [۳]. وی معتقد است قوانین معاصر ایمنی و بهداشت بریتانیا باید به سمت خود مقرراتی بیشتر و مدیریت فعال سلامت و ایمنی در محل کار سوق داده شود. کارفرمایان برای مدیریت ریسک‌ها نیاز به توسعه و مستندسازی سیستم‌های مدیریت ایمنی شغلی خود دارند. بسیاری از ذی‌نفعان (قانون‌گذاران، مجریان، اتحادیه‌های کارگری، شرکت‌های بیمه، کارفرمایان و کارکنان) علاقه به حفظ سیاست‌های ایمنی شغلی قوی در سازمان‌های استخدام‌کننده دارند. به نظر می‌رسد که کارفرمایان و کارکنان قوی‌ترین سهام‌داران در ایمنی شغلی هستند چون‌که آن‌ها بیشترین کنترل بر حوادث را دارند و تا حد زیادی توسط بسیاری از پیامدهای آن‌ها (ازنظر اخلاقی، مالی و قانونی) تحت تأثیر قرار دارند. وی همچنین با ارائه یک مدل ایمنی شغلی عمومی، نشان داد که چگونه سیاست‌گذاری‌های کاهش حوادث، در کاهش هزینه‌های مالی موثر است.

مینامی و همکاران[۲] نشان دادند از آنجایی که درکامل پروژه‌های مدیریت مهندسی برای افراد و سازمان‌ها پیچیده و دشوار است، درک و مدیریت خطرات نیز در چنین محیطی نیز دشوار است. آن‌ها به بررسی نقش تفکر سیستمی و نحوه یاری رساندن آن به کاهش ریسک در پروژه‌های عظیم و پیچیده پرداختند. آن‌ها به ریسک از منظرهای مختلف پرداختند؛ ریسک از دست دادن کارمندان تا مخاطرات شغلی- خطرات مالی آن زمانی که پروژه‌ها فراتر از بودجه و زمان می‌روند [۲۳].

مَدنیک و لاینیس[۳] مدلی را ارائه کردند که بر تأثیر وظایف ناتمام و تبعیت آن‌ها از قوانین و رویه‌ها تأکید داشته و با محدودسازی فشار تولید، ایمنی را در اولویت بالا قرار داده و آن را تبدیل به عالی‌ترین سیاست اهرمی برای مدیرانی ساخته که به‌دنبال جلوگیری از وقوع سوانح هستند [۲۱]. شین[۴] و همکاران اجزای مدیریت ایمنی به دودسته تقسیم می‌کنند؛ مدیریت ایمنی محیطی و مدیریت ایمنی فردی. برای رسیدن به سطح مطلوب هر دو مورد لازم است مدیریت ایمنی روی مدیریت ایمنی محیطی تمرکز بیشتری دارد؛ درحالی‌که باید با تقویت مدل‌های ذهنی و مدیریت ایمنی فردی مقدمات لازم آن را فراهم نمود [۳۰] .

نتایج مطالعات هویوس[۵] و گراوان و آبرین[۶] بر نقش اصلی رفتارهای ناایمن کارکنان در بروز حوادث شغلی تأکید می‌کنند [۱۶, ۱۲]. در مطالعه انجام شده در ایران، عامل اصلی حوادث در صنایع، رفتارهای ناایمن گزارش

---

[۱] Moizer

[۲] Minami

[۳] Madnick, S. and J. Lyneis

[۴] Shin

[۵] Hoyos

[۶] Garavan and O'Brien,

شده است [۲۴]. سولزر و آستین[۱] در مطالعه خود نتیجه گرفته‌اند که با بالا رفتن نرخ رفتارهای ناایمن، نرخ حوادث شغلی و هزینه‌های آن‌ها نیز به‌طور معناداری افزایش می‌یابد [۳۳].

مندز[۲] مطالعه خطرات و حوادث شغلی با استفاده از مدل‌ها شبیه‌سازی را به دو گروه طبقه‌بندی کرد، دسته اول که حوادث جدی را برای به‌دست آوردن قوانین قابل‌اجرا برای آینده، تجزیه‌وتحلیل می‌کنند. دسته دوم که قوانین و مکانیزم‌های خطرات را برای شبیه‌سازی عملکرد آن‌ها قبل از وقوع حادثه، جهت شناسایی و مدیریت دستورالعمل‌های لازم برای پیشگیری از بروز آن وقایع، تجزیه‌وتحلیل می‌کنند. درواقع در رویکرد اول از نتایج واقعی به‌جای پیش‌بینی استفاده می‌شود. در این رویکرد زنجیره‌ای از وقایع را که موجب بروز حوادث ناگوار شده است، جهت جلوگیری از تکرار آن حوادث مورد مطالعه موردبررسی قرار می‌گیرد. در مقابل در رویکرد دوم از نتایج پیش‌بینی به‌جای نتایج واقعی استفاده می‌کنند. پیچیدگی روابط بین بخش‌هایی از سیستم که می‌توانند منجر به بروز حادثه شوند؛ شبیه‌سازی شده و راه‌کارهای مختلف که باعث کاهش بروز خطر آن حوادث شوند، تجزیه‌وتحلیل می‌شوند. کونینگام و جلر[۳] بر کنترل نرخ رفتارهای ناایمن به‌منظور کاهش نرخ حوادث و درنتیجه خسارات منتج از آن‌ها تأکید دارند [۱۰]. در این میان مطالعات متعددی بر تأثیر قابل‌توجه کنترل رفتارهای ناایمن بر بهبود عملکرد ایمنی برحسب کاهش تعداد و شدت حوادث، کاهش میزان غرامت دریافتی آسیب‌دیدگان و حق بیمه‌های پرداختی اشاره می‌کنند [۹]. اسکلاد[۴] [۳۱] به‌منظور بررسی تأثیر فرآیندهای داخلی بر اثربخشی سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی، از روش نگاشت ادراکی فازی[۵] استفاده کرده است. نتایج نشان داد بهبود فرآیند رهبری بیشترین تأثیر مثبت و معنادار بر اثربخشی سیستم دارد.

کلوورینو مکلیدو و همکاران[۶][۳۴] در پژوهش خود به بررسی تغییرات سنی نیروی کار[۷] در سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی پرداختند. همچنین آن‌ها به دنبال یافتن عوامل مؤثر بر توانایی کار و عملکرد کارکنان با تأکید بر تغییرات سنی تا زمان بازنشستگی مورد سنجش قرار گیرد. کاهش این عوامل خطر، می‌تواند به کاهش هم‌زمان حوادث سازمانی و بیماری‌های شغلی در کنار هزینه‌های سلامت و بیمه کاهش یابد.

کوتو داسیلوا و امرلد[۸] در بررسی عوامل موفقیت و شکست پیاده‌سازی سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی به این نتیجه رسیدند که تعالی یک سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی به مدل‌هایی بستگی دارد که از طریق اقدامات پیشگیرانه بهبود سلامت، ایمنی و رضایت کارکنان می‌تواند منجر به پذیرش شاخص‌های پیشگیرانه به‌منظور کاهش خطرات مرتبط با کار گردد.

باشا و همکاران [۵][۹] به بررسی میزان اثربخشی آموزش ایمنی و بهداشت شغلی کارگران صنعت ساخت‌وساز ترکیه پرداختند و نشان دادند میزان آموزش و دانش افراد تأثیرگذر بر کاهش خطرات شغلی است.

نیو[۱۰] و همکاران [۲۶] تحولات توسعه سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی را تحت عنوان سه موج تقسیم‌بندی کرده‌اند. موج اول موج سخت نام دارد که استفاده از سیستم‌ها، فناوری‌ها و تجهیزات سخت به‌منظور

---

[۱] Sulzer and Austin

[۲] Méndez

[۳] Cunningham and Geller

[۴] Skład

[۵] Fuzzy Cognitive Map (FCM)

[۶] CleoVarianou-Mikellidou

[۷] Ageing of the workforce

[۸] Couto da Silva and Amarala

[۹] Başağa

[۱۰] Niu

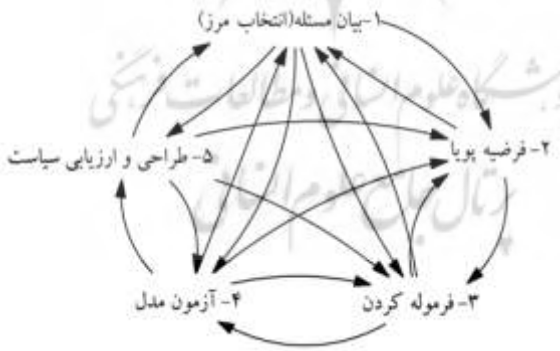
حفاظت شخصی است. موج دوم؛ موج نرم شامل استفاده از رویکردهای مدیریتی مانند فرهنگ ایمنی است. علی‌رغم اینکه بهبودهای مناسبی در عملکرد سیستم‌های ایمنی و بهداشت شغلی به‌ویژه در بخش ساخت‌وساز که هنوز هم جز پرمخاطره‌ترین صنایع است، نیاز به تحول انقلابی وجود دارد. پژوهشگران موج سوم توسعه سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی را هوشمندی با بهره‌مندی از هوش مصنوعی معرفی کردند.

مطالعات مرور شده به مباحث سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی چه با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم و چه با روش‌های کیفی و توصیفی نشان می‌دهد یک سیستم کمی پشتیبان تصمیم که بتواند اثربخشی سیاست‌های توسعه‌ای این سیستم را اندازه‌گیری نماید، به‌عنوان شکاف پژوهش‌های گذشته مطرح است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

روش‌شناسی پژوهش بر مبنای مراحل روش پویایی‌شناسی سیستم است. روش‌شناسی پویایی‌شناسی یک ابزار مناسب برای تحلیل و درک علل رفتار پویا در سیستم‌های پیچیده با معرفی ساختار مولد رفتار مشکل‌زا بر اساس تفکر سیستمی است. [۵] از ویژگی‌های بارز این روش‌شناسی این است که امکان ارزیابی سیاست‌های مختلف تصمیم را در قالب سناریو فراهم نموده و با شبیه‌سازی کمی نتایج حاصل از اجرای سیاست در یک محیط کوچک که اصطلاحاً خرده جهان نامیده می‌شود، امکان یادگیری از سیستم و درنتیجه زمینه لازم برای بهبود رفتار مشکل‌زا و ارائه راهکارهای اثربخش‌تر مبتنی بر تفکر سیستمی را میسر می‌سازد. [۱, ۶]

شکل ۱ فرآیند مدل‌سازی غیرخطی پیشنهادی استرمن[۱] را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مدل‌سازی در این رویکرد، یک توالی خطی از گام‌ها نیست، بلکه یک فرآیند بازخوردی است. همچنین فرآیند مدل‌سازی به‌صورت یک چرخه تکراری نشان داده شده است که در حالت کلی به کمک بازخورد می‌تواند موجب تغییر فهم اولیه ما از مسئله و هدف حل شود. به‌بیان‌دیگر طی مراحل مختلف تکرار می‌تواند رخ دهد و نتایجی که در هر مرحله به‌دست می‌آید می‌تواند به کمک بازخورد منجر به اصلاح و ویرایش مراحل دیگر شود.



شکل ۱. فرآیند مدل‌سازی درروش پویایی‌شناسی سیستم[۳۲]

در روش‌شناسی پویایی‌شناسی سیستم، رفتار یک سیستم از ساختار آن ناشی می‌گردد، ساختاری که شامل حلقه‌های بازخوردی، انباشت‌ها و جریان‌های متناظر به همراه روابط غیرخطی فی‌مابین است.

در رویکرد پویایی‌شناسی سیستم، مدل انباشت و جریان یک مدل ریاضی کمّی و شبیه‌سازی پیوسته است که در آن قابلیت شبیه‌سازی آثار و پیامدهای سیاست‌ها و تصمیم‌های مختلف را در بلندمدت وجود دارد. در پژوهش

---

[۱] Sterman

حاضر به‌منظور ساخت این مدل، از پارامترها و داده‌های شرکت صنعتی خصوصی فعال در استان تهران استفاده شده است. با توجه به حساسیت داده‌های پژوهش حاضر که شامل تعداد خطاها، حوادث شغلی، اعمال و رفتارهای ناایمن در شرکت است، بنا به درخواست شرکت از ذکر نام آن خودداری می‌گردد. شرکت مورد مطالعه جزء اولین طراحان و تولیدکنندگان تجهیزات برقی ایران بوده و در سال ۱۳۴۵ با مشارکت شرکت ساخت و تهیه کالای آب و برق (ساتکاب) وابسته به وزارت نیرو به‌مثابه شرکت سهامی خاص و تحت لیسانس شرکت زیمنس آلمان آغاز به کار کرد. در حال حاضر ظرفیت تولید شرکت به ۲۲،۵۰۰ دستگاه با مجموع توان ۳،۷۵۰ مگا ولت‌آمپر رسیده است. در جدول ۱ داده‌های این شرکت گزارش شده است.

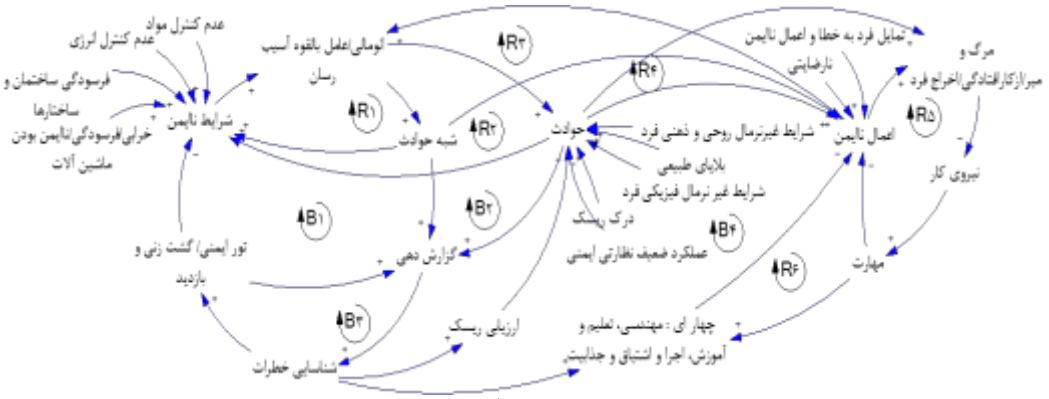
جدول ۱. داده های شرکت مورد مطالعه

ردیف	شرح	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹٥
۱	تعداد حادثه	۱۴۶	۱۷۷	۱۱۲	۱۴۲	۱۶۱	۲۲۵
۲	تعداد حادثه (منجر به استراحت پزشکی)	۴۲	۲۹	۳۵	۱۶	۱۸	۸
۳	تعداد تلفات منجر به از دست دادن کار (به دلیل مرگ، ازکارافتادگی یا اخراج)	۲	۲	۱	۱	۲	۰
٤	تعداد اعمال ناایمن	۸۲	۱۲۵	۱۷۵	۲۴۱	۲۸۹	۳۰۵
٥	تعداد شرایط ناایمن	۷۹	۸۲	۸۷	۹۶	۱۱۰	۱۱۹
٦	تعداد عامل بالقوه آسیب‌رسان	۱۶۱	۲۰۷	۲۶۲	۳۳۷	۳۹۹	۴۲۴
۷	تعداد شبه حادثه	۰	۳۵	۷۸	۹۰	۱۰۱	۱۲۶
۸	تعداد بازدیدها (تورهای ایمنی)	۱۶۴	۲۱۰	۱۵۹	۱۷۵	۲۴۵	۱۰۱
۹	تعداد ریسک‌های شناسایی‌شده	۰	۰	۰	۸۷۵	۳۱۵	۱۲۳
۱۰	ریسک قابل‌قبول	۰	۰	۰	۸۷۵	۳۱۵	۱۲۳
۱۱	تعداد اقدامات کنترلی اجراشده	۰	۰	۰	۵۹۳	۱۰۱	۸۴
۲	تعداد گزارش‌دهی‌ها	۴۸	۱۳۰	۲۶۷	۳۱۶	۶۷	۴۵
۱۳	تعداد کارکنان	۶۸۸	۶۸۰	۶۳۵	۶۰۶	۵۴۸	۵۲۰
۱٤	میزان رضایت کارکنان	۲۰	۳۲	۳۶	۳۸	۲۹	۳۱

ساخت مدل

ساختار علّی

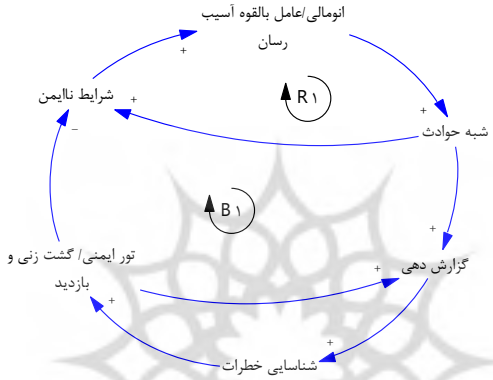
در شکل۲ نمودار ساختار علّی نشان داده‌شده است. این مدل ما را در شناخت دقیق‌تر سیستم یاری می‌کند و زمینه‌ساز ساخت مدل انباشت جریان خواهد شد.



شکل۲. نمودار ساختار علّی از ساختار سیستم

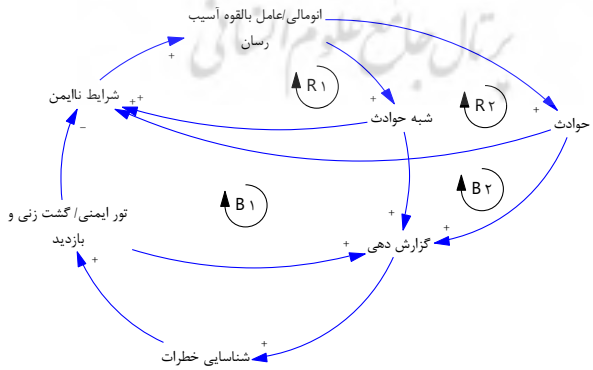
در حلقه B1 با افزایش تعداد شرایط ناایمن در محیط کار، عوامل بالقوه آسیب‌رسان افزایش می‌یابد که این افزایش می‌تواند منجر به بروز شبه حوادث گردند. همچنین در حلقه R1 با بروز شبه حوادث نیز شرایط ناایمن نیز شناسایی می‌گردد. درست است که شبه حوادث ازجمله رویدادهایی هستند که به‌اصطلاح به خیر می‌گذرد، اما خود می‌تواند در کمتر از ثانیه‌ای برای فرد دیگر منجر به بروز حادثه گردد. با گزارش‌دهی، ثبت و شناسایی خطرات و تعداد تورهای ایمنی می‌توان روی این عامل اثرگذار بود.

شبه حادثه‌ها به دلیل کثرت رخداد و عدم وجود پیامدهای خارجی معمولاً جدی گرفته نمی‌شوند و در مسائل پیشگیری و ایمنی کمتر مورد توجه قرار می‌گیرند. درنتیجه یادگیری و گفت‌وگو راجع به آن‌ها کمتر اتفاق می‌افتد با توجه به مباحث کنترل‌پذیری و پیش‌بینی‌پذیری در مبحث یادگیری به نظر می‌رسد که زمانی که افراد بتوانند بر ترس از بروز خطا فائق آیند و با افزایش تحمل بروز خطا و کاهش استرس و نگرانی، تسلط بیشتری در انجام فعالیت‌های کاری داشته باشند، می‌توانند احتمال بروز خطا، شبه حوادث و حوادث را کاهش دهند (شکل ۳).



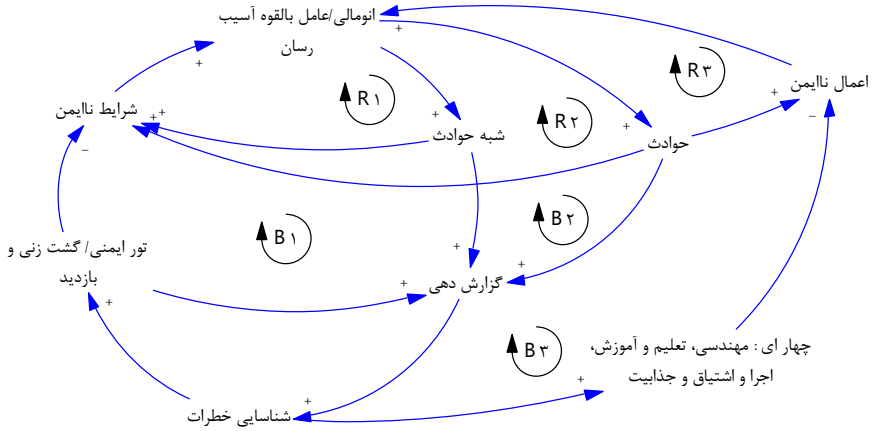
شکل ۳. تأثیر شرایط ناایمن بر روی شبه حوادث

در شکل ۴ در حلقه B2 با افزایش تعداد شرایط ناایمن در محیط کار، عوامل بالقوه آسیب‌رسان افزایش می‌یابد که این افزایش می‌تواند منجر به بروز حوادث گردند. با گزارش‌دهی، ثبت و شناسایی خطرات و تعداد تورهای ایمنی روزانه می‌توان روی این عامل اثرگذار بود. همچنین حلقه R2 نشان داده می‌شود که با بروز حوادث نیز شرایط ناایمن شناسایی می‌گردد.



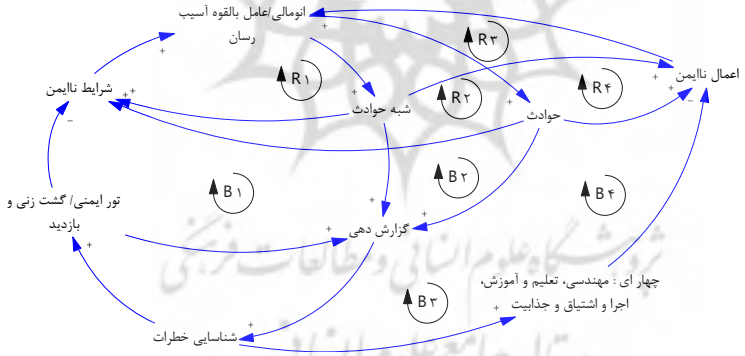
شکل ۴. تأثیر شرایط ناایمن بر روی حوادث

از دیگر علل آسیب‌رسان در محیط کار، وجود اعمال ناایمن (رفتارهای ناایمن) است، اعمال ناایمن روی شبه حوادث تأثیر گذاشته و با گزارش‌دهی و شناسایی خطرات می‌تواند روی تعداد و کنترل اعمال ناایمن مؤثر بود. (شکل ۵ – حلقه B3)



شکل ۵. تأثیر اعمال ناایمن بر روی شبه حوادث

در شکل ۶ در حلقه B4 با افزایش تعداد اعمال ناایمن در محیط کار، عوامل بالقوه آسیب‌رسان افزایش می‌یابد که این افزایش می‌تواند منجر به بروز حوادث گردند. با گزارش‌دهی، ثبت و شناسایی خطرات و انجام راه-کارهایی همچون مهندسی، آموزش، اجرا و اشتیاق که اصطلاحاً «چهار ای[۱]» نامیده می‌شود؛ می‌توان روی کنترل این عامل که خود مطابق نظریه هنریچ[۲] ۸۸ درصد علت حوادث را شامل می‌گردد، اثرگذار بود.



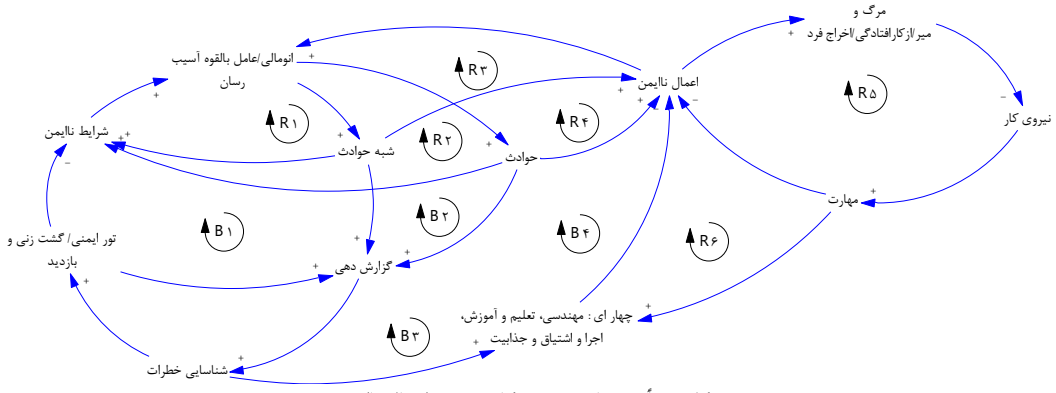
شکل ۶. تأثیر اعمال ناایمن بر روی حوادث

در شکل ۷ در حلقه R5 اثر مهارت و عامل نیروی کار بر روی اعمال ناایمن پرداخته می‌شود. از عواملی که می‌تواند روی اعمال ناایمن تأثیرگذار باشد، مهارت نیروی کار است؛ که اثر نیروی کار با مرگ، ازکارافتادگی و یا اخراج به‌دلیل انجام اعمال ناایمن دیده می‌شود. حلقه R6 نیز اثر مهارت روی نیروی کار و اقدام کنترلی «چهار ای» است که هرچه مهارت بیشتر گردد اقدام کنترلی بهتر کار می‌کند و در نتیجه اعمال ناایمن کمتر رخ می‌دهد، اعمال ناایمن که زیادتر می‌گردد مرگ‌ومیر بیشتر می‌شود با وجود نیروی کار زیادتر روی مهارت نیز زیادتر می‌گردد.

---

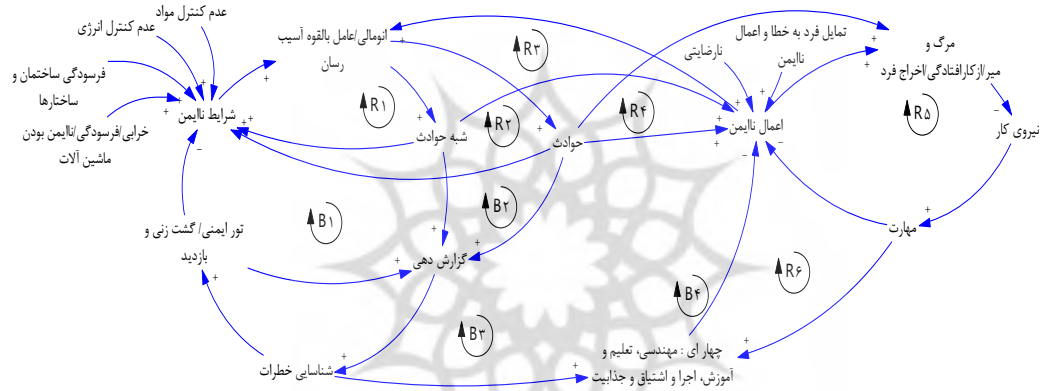
[۱] 4E: Engineering, Education, Enforcement, Enthusiasm

[۲] Heinrich



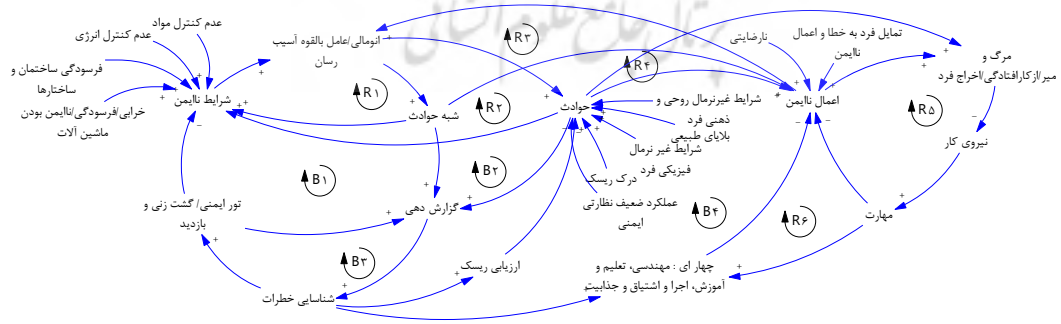
شکل ۷. تأثیر مهارت نیروی کار بر روی اعمال ناایمن

شرایط و اعمال ناایمن که از عوامل اصلی حادثه محسوب می‌شوند. عوامل برون‌زای دیگری در محیط کار وجود دارند که بر این عوامل بالقوه آسیب‌رسان تأثیر می‌گذارند و ازجمله عوامل تشدیدکننده هستند. (شکل ۸).



شکل ۸. عوامل برون زای شرایط ناایمن و اعمال ناایمن

از دیگر عواملی که بر روی حوادث اثرگذار هستند، اقدامی همچون ارزیابی ریسک‌ها است. همچنین عوامل برون‌زای دیگری نیز همچون وضعیت غیرنرمال روحی و ذهنی فرد، وضعیت غیرنرمال جسمی فرد و عملکرد ضعیف نظارتی ایمنی هستند که از عوامل کمک‌کننده در بروز حوادث هستند (شکل ۹).



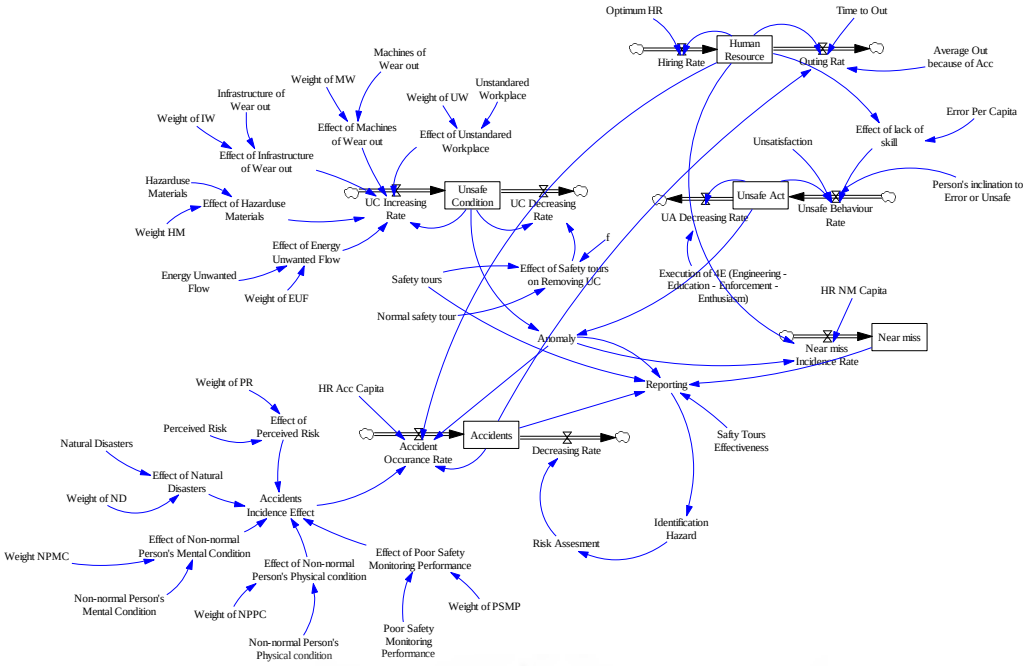
شکل ۹. تأثیر عوامل کمک‌کننده بر روی حوادث

جدول ۲. خلاصه حلقه‌های مدل علّی

شماره حلقه	نام حلقه	شرح
۱	B_1	اثر شرایط ناایمن بر روی شبه حوادث را نشان می‌دهد. شرایط ناایمن روی عامل بالقوه آسیب‌رسان اثر گذاشته که عامل بالقوه آسیب‌رسان به شبه حوادث ختم می‌گردند و با گزارش‌دهی‌ها، شناسایی خطرات و تورهای ایمنی روی شرایط ناایمن تأثیر می‌گذارد.
۱	R_1	اثر شرایط ناایمن بر روی شبه حوادث را نشان می‌دهد. شرایط ناایمن روی عامل بالقوه آسیب‌رسان تأثیرگذار است و خود عامل بالقوه آسیب‌رسان هم منتج به شبه حادثه می‌گردد و درنهایت شبه حوادث نیز روی شرایط ناایمن تأثیر گذارند و حلقه مثبت ایجاد می‌نمایند.
۲	B_2	اثر شرایط ناایمن روی حوادث شرایط ناایمن روی عامل بالقوه آسیب‌رسان اثر گذاشته که عامل بالقوه آسیب‌رسان به حوادث ختم می‌گردند و با گزارش‌دهی‌ها، شناسایی خطرات و تورهای ایمنی روی شرایط ناایمن تأثیر می‌گذارد.
۲	R_2	اثر شرایط ناایمن بر روی حوادث را نشان می‌دهد. شرایط ناایمن روی عامل بالقوه آسیب‌رسان تأثیرگذار است و خود عامل بالقوه آسیب‌رسان هم منتج به حادثه می‌گردد و درنهایت حوادث نیز روی شرایط ناایمن تأثیرگذارند و حلقه مثبت ایجاد می‌نمایند.
۳	B_3	اثر اعمال ناایمن بر روی شبه حوادث را نشان می‌دهد. اعمال ناایمن روی عامل بالقوه آسیب‌رسان اثر گذاشته که عامل بالقوه آسیب‌رسان به شبه حوادث ختم می‌گردند و با گزارش‌دهی‌ها، شناسایی خطرات و اقدام «چهار ای» روی اعمال ناایمن تأثیر می‌گذارد.
۳	R_3	اثر اعمال ناایمن بر روی شبه حوادث را نشان می‌دهد. اعمال ناایمن روی عامل بالقوه آسیب‌رسان تأثیرگذار است و خود عامل بالقوه آسیب‌رسان هم منتج به شبه حادثه می‌گردد و درنهایت شبه حوادث نیز روی اعمال ناایمن تأثیرگذارند و حلقه مثبت ایجاد می‌نمایند.
٤	B_4	اثر اعمال ناایمن روی حوادث اعمال ناایمن روی عامل بالقوه آسیب‌رسان اثر گذاشته که عامل بالقوه آسیب‌رسان به حوادث ختم می‌گردند و با گزارش‌دهی‌ها، شناسایی خطرات و اقدام «چهار ای» روی اعمال ناایمن تأثیر می‌گذارد.
٤	R_4	اثر اعمال ناایمن بر روی حوادث را نشان می‌دهد. اعمال ناایمن روی عامل بالقوه آسیب‌رسان تأثیرگذار است و خود عامل بالقوه آسیب‌رسان هم منتج به حادثه می‌گردد و درنهایت حوادث نیز روی اعمال ناایمن تأثیرگذارند و حلقه مثبت ایجاد می‌نمایند.
٥	R_5	اثر مهارت نیروی کار بر روی اعمال ناایمن هرچه مهارت زیادتر اعمال ناایمن کمتر رخ می‌دهد، با ازدیاد اعمال ناایمن مرگ‌ومیر و ازکارافتادگی و اخراج نفر زیادتر می‌گردد و نیروی کار بر روی مهارت تأثیرگذار است.
٦	R_6	اثر مهارت نیروی کار و اقدام «چهار ای» بر روی اعمال ناایمن مهارت روی اقدام «چهار ای» تأثیر می‌گذارد، با اقدام «چهار ای» اعمال ناایمن کاهش می‌یابد، ازدیاد اعمال ناایمن مرگ‌ومیر و ازکارافتادگی و اخراج نفر زیادتر می‌گردد و نیروی کار بر روی مهارت تأثیرگذار است.

ساختار انباشت و جریان

در بخش قبل مدل علّی مسئله شامل ساختار بازخوردی سیستم نشان داده شود. نمودار علّی و معلولی درک تعامل حلقه‌ها را نیز نمایش می‌دهد. در این بخش مدل انباشت جریان سیستم اظهار می‌گردد تا با متغیرهای حالت بتوان وضعیت سیستم را بیان نمود. مدل انباشت و متغیرهای حالت آن مبنایی برای اقدامات فراهم می‌کنند و اطلاعات لازم برای تصمیم‌گیری و اقدام را در اختیار قرار می‌دهند.



شکل ۱۰. مدل انباشت و جریان سیستم

شرایط ناایمن، اعمال ناایمن، حوادث، شبه حوادث و منابع انسانی، متغیرهای حالت مدل انباشت و جریان مسئله هستند. پس از ارائه مدل انباشت جریان با متغیرهای حالت و جریان و بازخوردهای اطلاعاتی معادلات و روابط ریاضی مربوط به اجزای مدل تهیه شد. در جدول ۲ خلاصه روابط ریاضی اجزای مدل نشان داده شده است.

جدول ۳. خلاصه معادلات ریاضی متغیرهای حالت

نوع متغیر	فرمول متغیر	مقدار اولیه
انباشت	Unsafe Condition= INTEG (UC Increasing Rate-UC Decreasing Rate,49)	۴۹
	Unsafe Act= INTEG (Unsafe Behaviour Rate-UA Decreasing Rate,82)	۸۲
	Accidents= INTEG (Accident Occurance Rate-Decreasing Rate,146)	۱۴۶
	Near miss= INTEG (Near miss Incidence Rate,0)	۰
	Human Resource= INTEG (Hiring Rate-Outing Rat,688)	۶۸۸
جریان	UC Increasing Rate=Unsafe Condition*(Effect of Infrastructure of Wear out+Effect of Machines of Wear out+Effect of Unstandared Workplace+Effect of Energy Unwanted Flow+Effect of Hazarduse Materials)	
	UC Decreasing Rate=Effect of Safety tours on Removing UC*Unsafe Condition	
	Unsafe Behaviour Rate=(Unsafe Act*(Person's inclination to Error or Unsafe+Unsatisfaction))+Effect of lack of skill	
	Hiring Rate=Human Resource*Optimum HR	
	Accident Occurrence Rate=(HR Acc Capita*Human Resource)+(Accidents*Accidents Incidence Effect)+(Anomaly/4)	
	Accidents Incidence Effect=Effect of Natural Disasters+"Effect of Non-normal Person's Mental Condition"+"Effect of Non-normal Person's Physical condition"+Effect of Perceived Risk+Effect of Poor Safety Monitoring Performance	
	Near miss Incidence Rate=(Anomaly/5)+(Human Resource*HR NM Capita)	

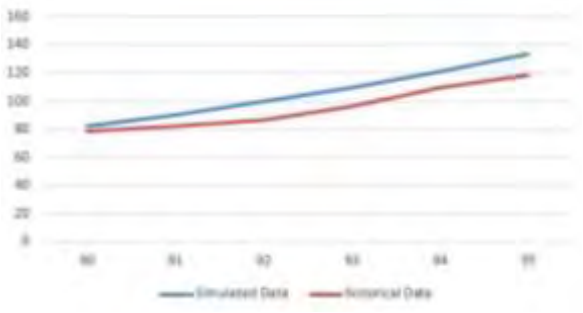
نوع متغیر	فرمول متغیر	مقدار اولیه
کمکی	Effect of Energy Unwanted Flow=Energy Unwanted Flow*Weight of EUF	
	Effect of Hazarduse Materials=Hazarduse Materials*Weight HM	
	Effect of Infrastructure of Wear out=Infrastructure of Wear out*Weight of IW	
	Effect of Machines of Wear out=Machines of Wear out*Weight of MW	
	Effect of Machines of Wear out=Machines of Wear out*Weight of MW	
	Effect of Unstandared Workplace=Unstandared Workplace*Weight of UW	
	Effect of Safety tours on Removing UC=f(Safety tours/Normal safety tour)	
	Effect of Natural Disasters=Natural Disasters*Weight of ND	
	"Effect of Non-normal Person's Mental Condition"="Non-normal Person's Mental Condition"*Weight NPMC	
	"Effect of Non-normal Person's Mental Condition"="Non-normal Person's Mental Condition"*Weight NPMC	
	Effect of Perceived Risk=Perceived Risk*Weight of PR	
	Effect of Poor Safety Monitoring Performance=Poor Safety Monitoring Performance*Weight of PSMP	
پارامترها	f=lookup	
	Normal safety tour=255	
	Safety tours=115	
	Unsatisfaction=0.2	
	Person's inclination to Error or Unsafe=0.01	
	Error Per Capita=0.125	
	Time to Out=20	
	Average Out because of Acc=0.003	
	Optimum HR=0	
	HR NM Capita=0.05	

اعتبارسنجی مدل

در مرحله بعد باید از اعتبار و صحت مدل ساخته‌شده اطمینان حاصل نمود. نمودار ۳نمودار ۳. آزمون بازتولید رفتار تاریخی برای حوادث مقایسه رفتار متغیر حوادث در داده‌های تاریخی و رفتار را نشان می‌دهد.

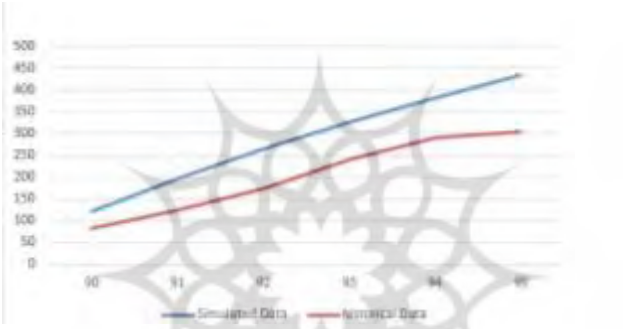
نمودار ۳. آزمون بازتولید رفتار تاریخی برای حوادث

در نمودار ۴. آزمون بازتولید رفتار تاریخی شرایط ناایمن در مقایسه با رفتار متغیر شرایط ناایمن در داده‌های تاریخی و رفتار نشان داده شده است که با توجه به تطابق این دو رفتار می‌توان اطمینان حاصل کرد که مدل از اعتبار و صحت مناسبی برخوردار است و می‌توان از آن در تصمیم‌گیری‌ها استفاده کرد.



نمودار ۴. آزمون بازتولید رفتار تاریخی شرایط ناایمن

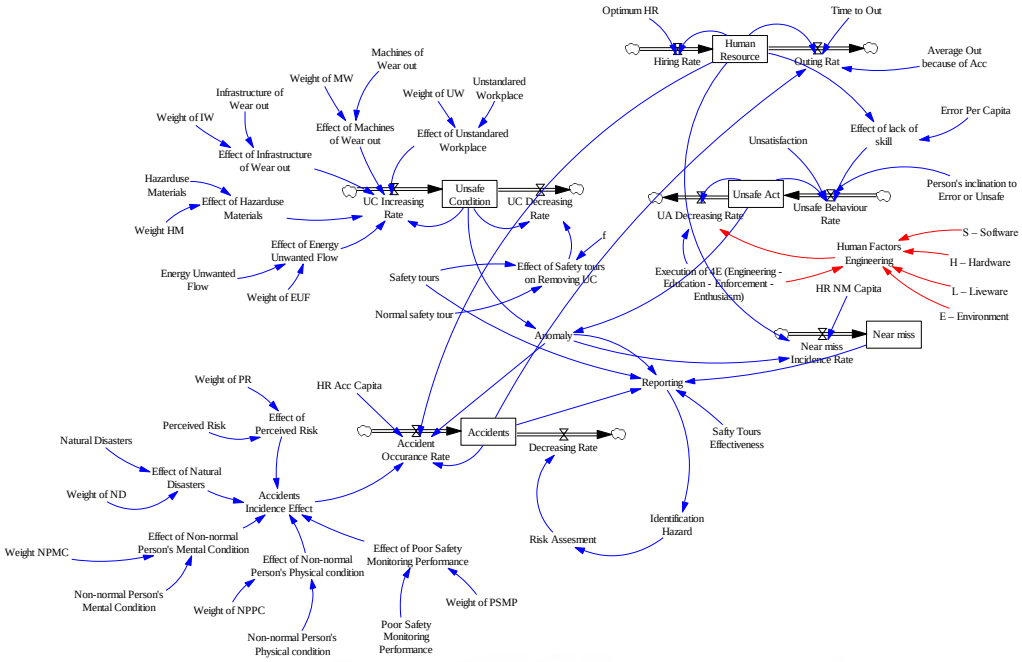
نمودار ۵. آزمون بازتولید رفتار تاریخی برای اعمال ناایمنمقایسه رفتار متغیر اعمال ناایمن در داده‌های تاریخی و رفتار را نشان می‌دهد. از شباهت آن دو می‌توان از صحت و اعتبار آن مطمئن شد.



نمودار ۵. آزمون بازتولید رفتار تاریخی برای اعمال ناایمن

سیاست‌های بهبود

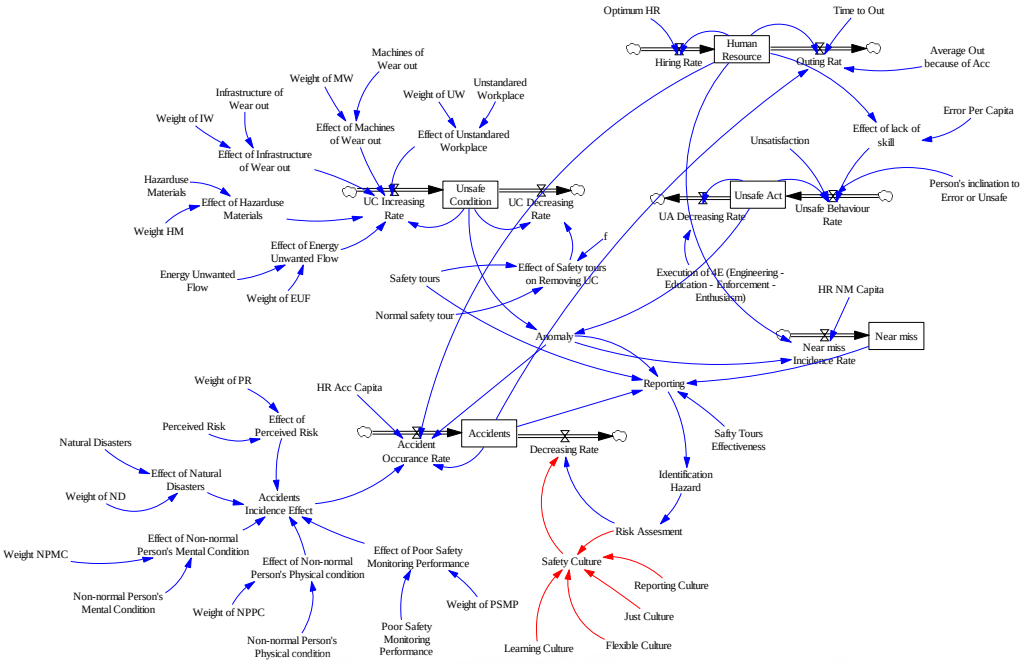
ایجاد و توسعه مهندسی عوامل انسانی: با ایجاد مهندسی عوامل انسانی در سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی می‌توان اعمال ناایمن ناشی از خطاهای انسانی را کاهش داد. میزای تأثیرگذاری کمی این سیاست بر حوادث شغلی از طریق مدل شبیه‌سازی محاسبه خواهد شد. از فواید آن، تعامل و متناسب بودن انسان (نیروی کار) با شغل است که اثر مهارت، تمایلات فرد به رفتار ناایمن کاهش می‌یابد. با هماهنگی فرد با شغل می‌توان عواملی که موجب ایجاد رفتار ناایمن می‌گردد را کاهش دهد، نحوه پیاده‌سازی این سیاست در در مدل انباشت جریان تحت عنوان سناریو دو نشان داده شد. سناریو پایه، عدم انجام هرگونه مداخله جدی در وضعیت فعلی سیستم است و مبنا برای ارزیابی اثربخشی سیاست‌های پیشنهادی است.



شکل ۱۳. نمودار انباشت جریان برای سناریو یک: ایجاد مهندسی عوامل انسانی

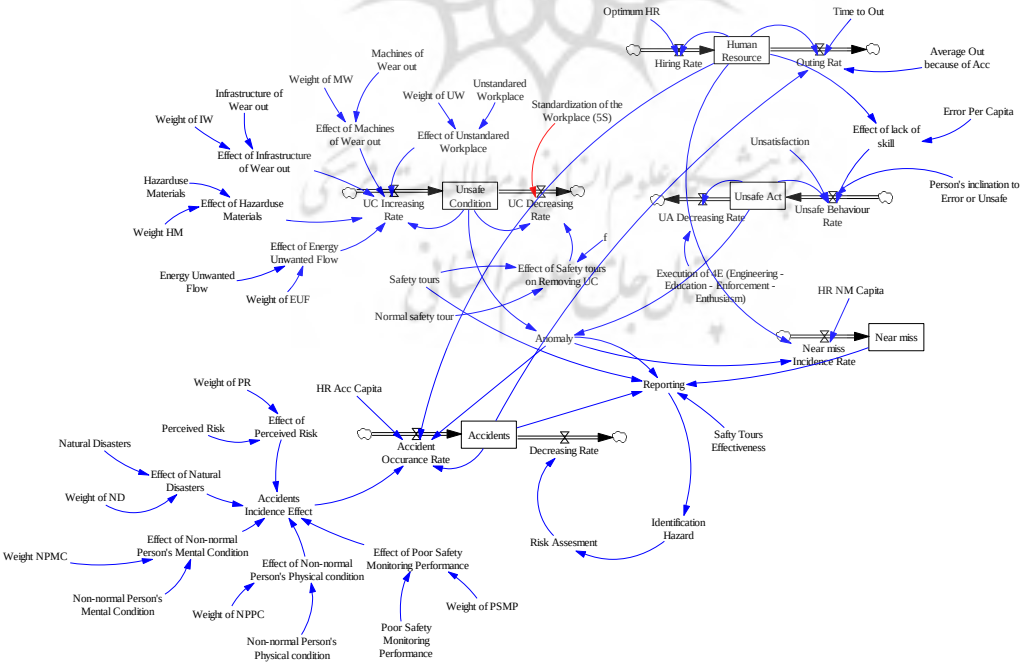
ایجاد فرهنگ ایمنی: با ایجاد فرهنگ ایمنی در سازمان می‌توان به گزارش‌دهی شبه حوادث و خطاها و سیستم تشویق و نه تنبیه و سرزنش برای گزارش‌دهی‌ها اشاره نمود. کارکنان باید مطمئن باشند که برای گزارش‌هایی که اعلام می‌کنند، خللی در امنیت شغلی خود و همکارانشان وجود نخواهد داشت و همچنین سیستم پاداش معتدلی برای آن‌ها در نظر گرفته شده باشد. کارکنان باید در سیستم به تمهیدات و کنترل موردهایی که خودشان در این راستا اعلام کرده‌اند جهت بروز موارد مشابه اطمینان حاصل نمایند. با گزارش‌دهی‌ها، اعمال و شرایط ناایمن که از دلایل اصلی بروز حوادث هستند، کاهش می‌یابد و عملکرد سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت مثبت خواهد بود. ایجاد فرهنگ ایمنی در مسئولیت‌پذیری افراد و درک خطرات و ریسک‌های محیط کار و همکاری‌های بین‌تیمی آن‌ها تأثیر مثبتی خواهد داشت. این عوامل تأثیر شگرفی در کاهش حوادث خواهد گذاشت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱۲. نمودار انباشت جریان برای سناریو دو: ایجاد فرهنگ ایمنی

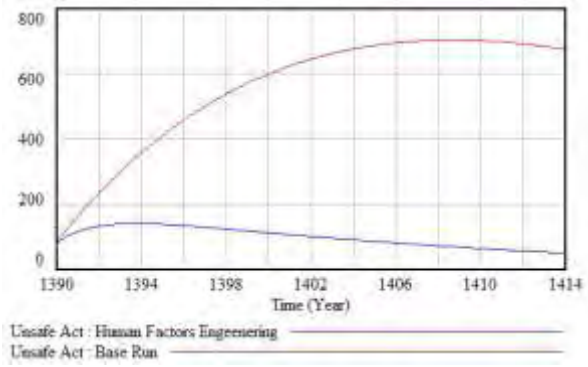
استانداردسازی محیط کار: همان‌طور که مدل علّی و معلولی و همچنین مدل انباشت جریان مشاهده شده، متغیر استانداردسازی محیط کار بر روی متغیر حالت شرایط ناایمن تأثیرگذار است و باعث کاهش تعداد شرایط ناایمن می‌شود. کاهش شرایط ناایمن منجر به کاهش حوادث می‌گردد. مقایسه روند سناریوها حاکی از آن است که این متغیر برون‌زا تأثیر مثبت بر کاهش شرایط ناایمن است.



شکل ۱۳. نمودار انباشت جریان برای سناریو سه: استانداردسازی محیط کار

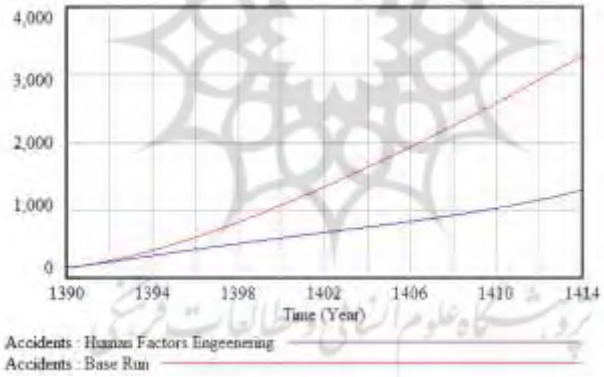
٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌ها

در این قسمت نتایج اجرای سیاست‌های مختلف را بر روی مدل انباشت و جریان مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد. همان‌طور که در نمودار ۶ مشاهده می‌شود، ایجاد توسعه مهندسی عوامل انسانی نقش بسیار مفیدی در کاهش اقدامات ناایمن ایفا می‌کند.



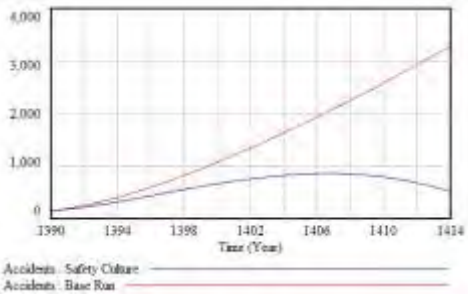
نمودار ۶. رفتار اعمال ناایمن در سناریو یک: ایجاد و توسعه مهندسی عوامل انسانی

با کاهش اعمال ناایمن که یکی از علل بروز حوادث است، تعداد حوادث نیز کاهش یافت. درست است که اعمال ناایمن در این سناریو به صورت ناچیز روندی صعودی داشته، اما تعداد آن به‌شدت کاهش یافته است (نمودار ۷).



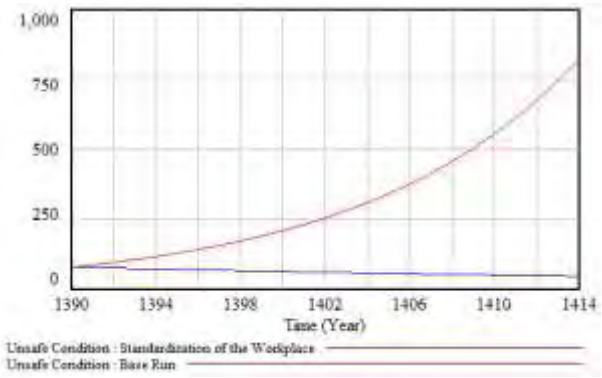
نمودار ۷. رفتار حوادث در سناریو یک: ایجاد و توسعه مهندسی عوامل انسانی

در سیاست دوم، با ایجاد فرهنگ ایمنی حوادث کاهش پیدا خواهد کرد. فرهنگ ایمنی توأماً با ارزیابی ریسک که از عوامل کاهنده حوادث است، منجر به کاهش حوادث می‌گردد (نمودار ۸).



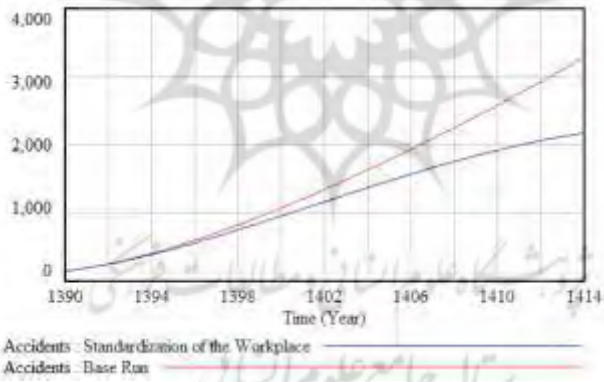
نمودار ۸. رفتار متغیر حوادث در سناریو دو: ایجاد فرهنگ ایمنی

در سیاست سوم: استانداردسازی محیط کار یکی از راهکارهای است که برای کاهش شرایط ناایمن مؤثر است، با ارائه این راه‌کار مشاهده می‌گردد که شرایط ناایمن روندی نزولی و به‌شدت کاهش پیدا کرده است، هرچه تعداد شرایط ناایمن کمتر باشد، عامل بالقوه آسیب‌رسان هم کمتر هستند، درنتیجه تعداد حوادث نیز کمتر می‌گردد. درنتیجه این سناریو نیز می‌تواند مفید واقع شود و ما را در دستیابی به حوادث کمتر رهنمود نماید (نمودار ۹).



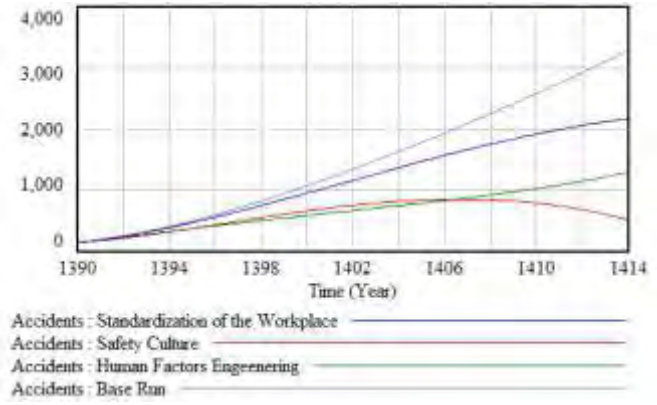
نمودار ۹. رفتار متغیر شرایط ناایمن در سناریو سوم: استانداردسازی محیط کار

همان‌طور که در نمودار ۱۰ نشان داده‌شده است، کاهش شرایط ناایمن نیز در کاهش حوادث مؤثر است؛ اما نسبت به دو سناریو قبلی قدرت کمتری دارد.



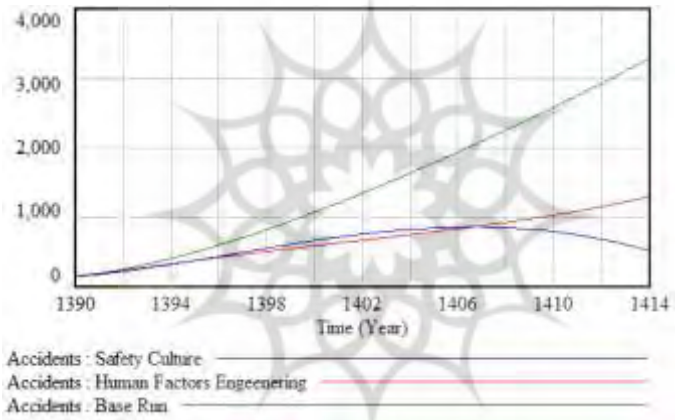
نمودار ۱۰. رفتار متغیر حوادث در سناریو سوم: استانداردسازی محیط کار

در نمودار ۱۱ مقایسه رفتار مدل در هر سه سناریو نشان داده‌شده است. تأثیر بر کاهش میزان حوادث سناریو دوم یعنی فرهنگ ایمنی است؛ و پس‌ازآن سناریو اول یعنی ایجاد مهندسی عوامل انسانی خواهد بود؛ و درنهایت کمترین میزان کاهش سناریو سوم یعنی استانداردسازی محیط کار است.



نمودار ۱۱. مقایسه نتایج سناریو یک تا سه برای حوادث

نمودار ۱۲ تأثیر دو سناریو یک و دو را نسبت به مدل اولیه نشان می‌دهد. در این شکل نشان داده شده است که هر دو سناریو باقدرت بالایی حوادث را کاهش می‌دهند اما روند حوادث با سناریو دوم یعنی فرهنگ‌سازی روندی نزولی خواهد داشت.



شکل ۱۲. مقایسه نتایج سناریو اول و دوم برای حوادث

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جمع‌بندی نتایج اجرای سناریوهای فوق مطابق جدول ۴ است.

جدول ۴. خلاصه سناریوها و نتایج شبیه‌سازی

سناریو	شرح	نتیجه‌گیری
سناریو اول: ایجاد مهندسی عوامل انسانی	میزان اعمال ناایمن به مقدار قابل‌توجهی کاهش پیدا کرد اما همچنان نرخ افزایشی بسیار کمی دارد.	در این مدل اثراتی از این سیاست نشان داده شده که به‌محض بهره‌برداری از آن ایجاد خواهد شد؛ و همین اثرات اولیه تأثیر بسیار خوبی بر روی میزان اعمال ناایمن داشته است؛ و در طولانی‌مدت این اثر بیشتر نیز خواهد شد. در نظر گرفتن ملاحظات مهندسی عوامل انسانی در ایمنی سیستم‌ها و هم‌چنین در پیش‌گیری از قرار گرفتن سیستم‌ها در شرایط بالقوه آسیب‌رسان مؤثر است درنهایت نیز منجر به کاهش حوادث خواهد گردید.
سناریو دوم: فرهنگ ایمنی	میزان حوادث به مقداری بیش از سناریوهای دیگر کاهش پیدا کرد. روند آن نیز نزولی شده است.	این سناریو در طولانی‌مدت بهترین سناریو اجرایی بوده است و میزان کاهش حوادث در آن بیش از سناریوهای دیگر بود و روندی نزولی داشت. فرهنگ ایمنی قوی در سازمان می‌تواند عامل تعیین‌کننده‌ای جهت کاهش حوادث نیروی انسانی در شرکت باشد. عوامل مدیریتی و همچنین جایگاه بخش ایمنی ازنظر ساختاری، نقش بسزایی را در حاکم کردن فرهنگ ایمنی قوی بر عهده‌دارند که نتیجه آن کاهش حوادث برای پرسنل است اما متأسفانه نگرش سنتی به ایمنی، مبتنی بر عکس‌العمل هنوز هم پابرجاست یعنی تا زمانی که حادثه رخ ندهد، اقداماتی برای رفع آن صورت نمی‌پذیرد، حال توجه به آن می‌تواند ما را در جهت حل مسئله این پژوهش یاری کند.
سناریو سوم: استانداردسازی محیط کار	این سناری میزان شرایط ناایمن را تا حد بسیاری کاهش داده است اما به میزان دو سناریوی دیگر تأثیر آن روی کاهش حوادث کمتر است.	استفاده از این سناریو هم در کاهش شرایط ناایمن مؤثر است و کاهش این متغیر منجر به کاهش حوادث نیز می‌باشد، اضافه کردن این سناریو به نسبت دو سناریوی دیگر، حوادث را خیلی کم نکرده است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

پژوهش حاضر با هدف شناسایی ساختار سیستمی مسئله رخداد حوادث شغلی شامل اجزا و روابط فی مابین و همچنین ارزیابی اثربخشی سیاست‌های بهبود به‌منظور توسعه مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی طراحی شده است. با به‌کارگیری رویکرد سیستمی به مسئله بروز حوادث و انجام اعمال ناایمن، یک مدل پویایی‌شناسی سیستم می‌تواند رفتار یک سیستم ایمنی و بهداشت را به‌صورت تاریخی تکرار نماید. همچنین این مدل می‌تواند مانند وسیله‌ای برای بهبود درک نحوه تأثیرگذاری سیاست‌ها بر عملکرد سیستم ایمنی و بهداشت شغلی مورد استفاده قرار گیرد. ایجاد مهندسی عوامل انسانی، فرهنگ ایمنی و استانداردسازی محیط کار، سه سیاست مطروحه در ادبیات مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی است. به‌منظور سنجش میزان اثربخشی این سیاست‌ها، یک مدل شبیه‌سازی براساس اطلاعات مربوط به یک شرکت صنعتی خصوصی فعال در استان تهران ساخته شد و نشان داده شد که به‌کارگیری راه‌کارهایی می‌توان حوادث ناشی از کار را مدیریت نمود. نتایج نشان می‌دهد بهترین سناریو پیشنهادی در بازه زمانی طولانی‌مدت، اجرای سناریو فرهنگ ایمنی است که منجر به کاهش حوادث با روندی نزولی می‌شود. بعد از این سناریو، اجرای سناریو ایجاد مهندسی عوامل انسانی است که جهت کاهش اعمال ناایمن، خطاهای انسانی و رفتارهای ناایمن آن‌ها مؤثر است. البته این سناریو موجب کاهش حوادث شده است اما روند صعودی ناچیزی نیز دارد. در آخر نیز سناریو استانداردسازی محیط کار پیشنهاد می‌گردد، چراکه تأثیر نه چندانی نسبت به مابقی سناریوها دارد. برای توسعه پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد بیماری‌های شغلی

نیز در مدل مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی لحاظ گردد. همچنین در مدل ابعاد اقتصادی و هزینه‌های حاصل از حوادث و بیماری‌ها به منظور داشتن شاخص‌ها مالی در تصمیم‌گیری وارد گردد.

منابع

1. Abbasi, E., Bastan, M. & Ahmadvand, A. (2016). A system dynamics model for mobile banking adoption. The 12th International Conference on Industrial Engineering (IIEC2016), Tehran, Iran.
2. Altenbach, T.J. (1995). A comparison of risk assessment techniques from qualitative to quantitative. Lawrence Livermore National Lab., CA.
3. Azizi, L., Bastan, M. & Ahmadvand, A. (2017). Occupational health and safety management system development: a qualitative system dynamics approach. The 13th International Conference on Industrial Engineering, Babolsar, Iran.
4. Baron-Puda, M. (2015). Occupational risk asssessment in management of health and safety in workplaces. Zarządzanie Przedsiębiorstwem, 18(3), 2-10. doi:
5. Bastan, M. (2018). Sustainable development of agriculture: a system dynamics model. Kybernetes, 47(1), 142-162. doi:
6. Bastan, M., & Shakouri, G. (2018). A system dynamics model for policy evaluation of energy dependency. The 2nd IEOM European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.
7. Brauer, R.L. (2016). Safety and health for engineers. John Wiley & Sons.
8. Cooper, M.D. (2000). Towards a model of safety culture. Safety science, 36(2), 111-136. doi:
9. Cooper, M.D., & Phillips, R.A. (2004). Exploratory analysis of the safety climate and safety behavior relationship. Journal of safety research, 35(5), 497-512. doi :
10. Cunningham, T.R., & Geller, E.S. (2008). Organizational behavior management in health care: applications for large-scale improvements in patient safety. doi:
11. Erni, W. (2009). Physics performance report for PANDA: strong interaction studies with antiprotons. arXiv preprint arXiv:0903.3905. doi :
12. Garavan, T.N., & O'Brien. F. (2001). An investigation into the relationship between safety climate and safety behaviours in Irish organisations. Irish Journal of Management, 141, 22(1).
13. Hall, J.L. (2003). Columbia and challenger: organizational failure at NASA. Space Policy, 19(4), 239-247. doi :
14. Han, S., S. Lee, & Peña-Mora, F. (2010). System dynamics modeling of a safety culture based on resilience engineering. Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice.
15. Hopkins, A. (2001) Managing major hazards: the lessons of the Moura mine disaster. Allen & Unwin.
16. Hoyos, C.G. (1995). Occupational safety: Progress in understanding the basic aspects of safe
17. Huchler, N., & Sauer. S. (2015). Reflexive and experience-based trust and participatory research: Concept and methods to meet complexity and uncertainty in organisations. International Journal of Action Research, 11. doi :
18. Hudson, P. (2001). Safety culture-theory and practice. Leiden univ (netherlands) centre for safety science.
19. Hynes, T., & Prasad, P. (1997). Patterns of 'mock bureaucracy'in mining disasters: an analysis of the Westray coal mine explosion. *Journal of Management Studies*, 34(4), 601-623. doi:

20. Inspection, A.O.L. (2019). Work-Related accident status in Iran. from https://bazresikar.mcls.gov.ir/fa/workaccident/statistics
21. Madnick, S., & Lyneis, J. (2008). Preventing accidents and building a culture of safety: Insights from a Simulation Model.
22. Magnus, R., Teh, C.I., & Lau, J.M. (2004). Report on the incident at the MRT Circle Line worksite that led to the collapse of the Nicoll Highway on 20 April 2004. 2005, Singapore: Ministry of Manpower.
23. Minami, N.A., & Rhodes, D.H. (2008). Dynamic analysis of the brigade combat team's C2 architecture. Journal of Battlefield Technology, 11(2), 9. doi :
24. Mohammadfam, I. (2010). Application of safety signs in controling unsafe acts rate. Journal Mil Med, 12(1), 39-44 .
25. Moizer, J.D. (1999). System dynamics modelling of occupational safety: a case study aproach.
26. Niu, Y. (2019). Towards the “third wave”: An SCO-enabled occupational health and safety management system for construction. Safety Science, 111, 213-223. doi: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.013
27. Radu, L.-D. (2009). Qualitative, semi-quantitative and, quantitative methods for risk assessment: case of the financial audit. Analele Stiintifice ale Universitatii" Alexandru Ioan Cuza" din Iasi-Stiinte Economice, 56, 643-657. doi :
28. Reason, J. (2016). Managing the risks of organizational accidents. Routledge.
29. Sheridan, T.B. (2008). Risk, human error, and system resilience: fundamental ideas. Human factors, 50(3), 418-426 .
30. Shin, M., (2014). A system dynamics approach for modeling construction workers’ safety attitudes and behaviors. Accident Analysis & Prevention, 68, 95-105. doi :
31. Skład, A. (2019). Assessing the impact of processes on the Occupational Safety and Health Management System’s effectiveness using the fuzzy cognitive maps approach. Safety Science, 117 ,۸۰-۷۱ ,doi: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.03.021
32. Sterman, J.D. (2000). Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. McGraw Hill.
33. Sulzer-Azaroff, B., & Austin, J. (2000). Does BBS work. Professional Safety, 45(7), 19.
34. Varianou-Mikellidou, C. (2019). Occupational health and safety management in the context of an ageing workforce. Safety Science, 116, 231-244. doi: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.03009.
35. Wallace, I.G. (1995) *Developing effective safety systems*. IchemE.