

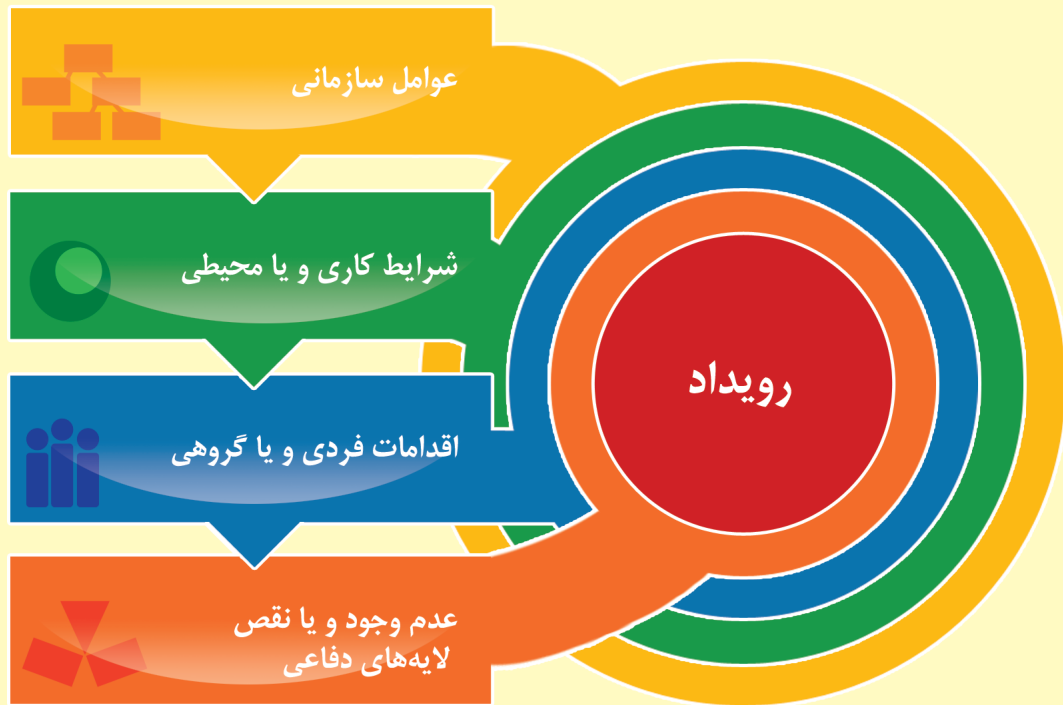


مرکز آموزش علمی - کاربردی
گروه بین‌المللی ره‌شهر (کوییک بیلد)
تحت نظارت دانشگاه جامع علمی - کاربردی

- سهم خطای انسانی در بروز حوادث
- مفهوم ایمنی و تحول تفکر ایمنی
- حوادث در سیستم‌های پیچیده اجتماعی-فنی
- روش‌های بررسی خطای انسانی
- راهبردهای کنترل خطای انسانی
- چه باید کرد؟

خطاهای انسانی؟ حوادث سازمانی!

نشریه شماره ۱۳۶، پاییز ۱۳۹۱





به نام خداوند جان و خرد

آدرس: تهران، خیابان آفریقا، نرسیده به
چهارراه جهان کودک، کوچه سپر غربی، پلاک ۲۶
کدپستی: ۱۵۱۸۶۴۳۳۳۵

info@rahshahr.com
www.rahshahr.com

تلفن: ۸۸۷۸۲۲۰۰
دورنگار: ۸۸۲۰۲۶۹۳

شماره سند: 01 09653 O PB 0136 00

یکصد و سی و ششمین نشریه علمی، فنی و مهندسی
آدرس وبسایت نشریات
<http://bulletins.rahshahr.com>

فهرست

- ۴ • سهم خطای انسانی در بروز حوادث
- ۴ • هزینه خطاهای انسانی
- ۶ • مفهوم ایمنی و تحول تفکر ایمنی
- ۷ • مهندسی عوامل انسانی
- ۸ • مدل مفهومی از مهندسی عوامل انسانی
- ۹ • خطای انسانی (تعاریف، مدل‌ها)
- ۱۰ • سطوح مختلف رفتار
- ۱۳ • انواع خطا
- ۱۶ • حوادث در سیستم‌های پیچیده اجتماعی - فنی
- ۱۹ • فرهنگ ایمنی
- ۲۰ • روش‌های بررسی خطای انسانی
- ۲۶ • راهبردهای کنترل خطای انسانی
- ۲۷ • چه باید کرد؟
- ۳۱ • هزینه انجام اقدامات مداخله‌ای مهندسی عوامل انسانی

ناشر

مرکز آموزش علمی- کاربردی
گروه بین‌المللی ره‌شهر (کوییک بیلد)

پژوهش و نگارش
فریبا دژبان‌خان

امور هنری
آوا ذاکری فردی
زینب موسوی صالح



سخنی با خوانندگان

خطای انسانی همواره یکی از مفاهیم مورد استفاده توسط رسانه‌ها و مسوولین تحقیق و بررسی حوادث در تمام صنایع بوده است [۲۹]. بسیاری حوادث از سقوط هواپیما و به گل نشستن کشتی‌ها تا حوادث عظیمی چون حادثه ذوب قلب نیروگاه هسته‌ای تری مایل آیلند^۱، نشت گاز از کارخانه بوپال در هند، انفجار سفینه فضاپیماي چلنجر، حادثه انفجار راکتور چرنوبیل که پیامدهای ناگوار اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و بهداشتی آن جهان را تحت تأثیر قرارداد، به "خطای انسانی" نسبت داده شده است [۴۷]. اگرچه خطای انسانی جزء اجتناب ناپذیر عملکرد انسان است، اما تحقیقات متعدد نشان داده است خطای انسانی اغلب پیامد عوامل بالادستی سازمانی و محل کار است [۲۹] و عمده این حوادث بر اثر ترکیب بسیاری عوامل که ریشه در نبود ملاحظات مهندسی عوامل انسانی^۲ دارند، به وجود آمده است [۴۷].

معمولاً با اعلام خطا کار بودن پرسنل عملیاتی به عنوان دلیل حادثه، بسیاری از مسایل نامطلوب اقتصادی و مدیریتی نادیده انگاشته شده یا حذف می‌شود. به گفته پرو^۳ (۱۹۸۶) آشکار شدن این امر که اشکال طراحی موجب حادثه بوده باعث توقف طولانی سیستم‌های مشابه (مانند نیروگاه‌ها) و هزینه‌های سنگین تغییر طراحی می‌شود. همچنین اعلام این امر که مدیریت، مسوول حادثه بوده است، جایگاه مدیران را به خطر می‌افکند، ولی با اعلام خطای پرسنل عملیاتی و لزوم سخت‌گیری بیشتر نسبت به آن‌ها، بر مسئله سرپوش گذاشته می‌شود [۳۶].

به هر حال، انسان‌ها مهم‌ترین منبع در هر سازمانی به‌شمار می‌روند [۲۹] و برای آینده قابل پیش‌بینی، علی‌رغم افزایش سطح به‌کارگیری کامپیوتر و گسترش ماشینی شدن^۴، انسان‌ها همچنان مسوولیت کنترل و پایش سیستم‌های تکنولوژیک بزرگ را برعهده خواهند داشت. انسان‌ها در این سیستم‌ها نگه داشته می‌شوند زیرا قابل انعطاف‌اند، می‌توانند یاد بگیرند و خود را با مقتضیات سیستم تطبیق دهند و در واقع از آن‌ها انتظار می‌رود تا مسایلی را که به ذهن طراحان سیستم نرسیده در حین بهره‌برداری حل کنند [۴۷]. هر چند در این بین مرتکب خطا هم می‌شوند.

این مقاله به‌طور خلاصه به معرفی موضوع خطای انسانی، علل و راهبردهای کنترل آن می‌پردازد. سایر مطالب وابسته به موضوع، شامل سهم خطای انسانی در بروز حوادث، هزینه خطای انسانی، مفهوم ایمنی، تحول تفکر ایمنی، مفاهیم پایه مهندسی عوامل انسانی، سطوح مختلف رفتار، عوامل سازمانی و مدیریتی در بروز حوادث، فرهنگ ایمنی، سیستم‌های مدیریت ایمنی و تلفیق اصول مهندسی عوامل انسانی در این سیستم‌ها نیز در این مقاله آمده است.

گروه بین‌المللی ره‌شهر امیدوار است که با آرایه این نشریه بتواند سهم خطاهای انسانی در بروز حوادث را مورد تأکید قرار داده و به این ترتیب نقش قابل توجهی در کاهش حوادث سازمانی داشته باشد.

گروه بین‌المللی ره‌شهر

1- Three Mile Island

2- Human Factors

در امریکای شمالی مطالعه عوامل انسانی از روان‌شناسی شروع شد. در اروپا از اصطلاح ارگونومی که به طور سنتی به جنبه‌های بیومکانیک و بیوفیزیک کار اشاره داشته برای مطالعه عوامل انسانی استفاده می‌شود. امروزه اصطلاحات مهندسی عوامل انسانی و ارگونومی به جای یکدیگر به کار می‌رود و هر دو به تمام عواملی که می‌تواند عملکرد انسان را در محیط کار تحت تأثیر قرار دهد، اشاره دارد.

3- Perrow

4- Automation

◀ سهم خطای انسانی در بروز حوادث

نگاهی به آمار حوادث در صنایع مختلف نشان می‌دهد:

- طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۷ حدود ۷۰ درصد از ۱۴۱ مورد حادثه در خطوط راه آهن انگلستان ناشی از خطای انسانی بوده است [۲۰].
- طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۸ حدود ۶۲ درصد از ۱۳ حادثه منجر به مرگ و جرح در خطوط راه آهن نروژ ناشی از خطای انسانی بوده است [۱].
- در هند بیش از ۴۰۰ حادثه قطار در سال اتفاق می‌افتد و حدود ۶۶ درصد از آن مستقیم یا غیر مستقیم با خطای انسانی در ارتباط است [۴۱].
- ۸۰ درصد حوادث در حمل و نقل دریایی، معلول یا تحت تأثیر عوامل سازمانی و خطاهای انسانی است [۲۲ و ۱۰].
- خطای انسانی سبب بروز ۸۹ تا ۹۶ درصد از تصادف کشتی‌ها است [۷].
- براساس مطالعات سازمان ملی هوا و فضا (ناسا)، ۷۰ درصد از حوادث هوایی (از زمان ورود توربوجت‌ها در اواخر دهه ۱۹۵۰) متضمن درجه‌ای از خطای انسانی بوده است [۲۳].
- حداقل سه چهارم حوادث هوایی مربوط به خطای عملکرد انسان‌های سالم، ذی صلاح و با قصد و نیت مثبت است [۴۷].
- ۶۵ درصد از تصادفات وسایل نقلیه موتوری ناشی از خطای انسانی است [۱۷].
- خطاهای پزشکی هشتمین علت مرگ و میر در ایالات متحده آمریکا به‌شمار می‌رود. در سال ۱۹۹۷، تعداد کشته‌شدگان بر اثر خطاهای انسانی در پزشکی (بین ۴۴,۰۰۰ تا ۹۸,۰۰۰ نفر) بیش از تعداد کشته‌شدگان بر اثر تصادف اتومبیل (۴۳,۴۵۸ نفر)، سرطان سینه (۴۲,۲۹۷ نفر) و یا ایدز (۱۶,۵۱۶ نفر) بوده است [۳۴].

به‌طور کلی گفته می‌شود ۷۰ درصد از حوادث، ناشی از خطای انسانی است. واقعیت این است که این عبارات نیاز به دقت بیشتری دارد. اگر از این منظر نگاه کنیم که [۲۸]:

- انسان‌ها سیستم را طرح‌ریزی می‌کنند و در صورت قابل قبول بودن، طراحی را شروع می‌کنند.
- انسان‌ها سیستم را می‌سازند و وقتی مطمئن شدند قابل استفاده است، با آن کار می‌کنند.
- به‌منظور نشان دادن رفتارهای لازم برای دستیابی به اهداف سیستم، انسان‌ها به یکدیگر آموزش می‌دهند.
- انسان‌ها در مورد عملکرد سیستم، در سطوح راهبردی^۱ و تدبیری^۲ تصمیم‌گیری می‌کنند و وقتی خطرات شناسایی شد، این انسان‌ها هستند که اقدامات اصلاحی لازم را برای مقابله با این خطرات طرح‌ریزی و اجرا می‌کنند.
- به عبارت ساده، طراحی، ساخت، آموزش، کار، مدیریت و دفاع از سیستم‌ها برعهده انسان‌هاست. بنابراین خطای انسانی شرط لازم عدول از سیستم محسوب می‌شود. لذا با این دیدگاه می‌توان گفت صد درصد حوادث ناشی از خطای انسانی است [۲۸].

◀ هزینه خطاهای انسانی^۲

براساس آمار در دسترس:

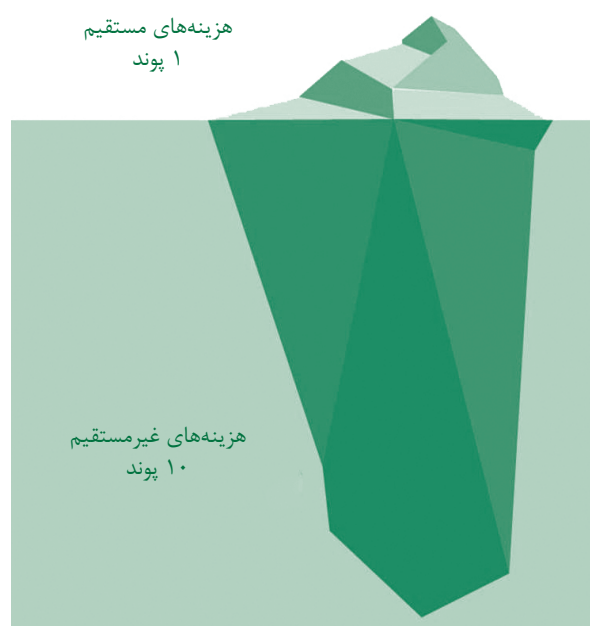
- هزینه سالانه حوادث جاده‌ای در سراسر جهان چیزی حدود ۵۰۰ میلیارد دلار است که در اغلب موارد ناشی از خطای انسانی است [۳۹].
- هزینه سالانه ناشی از خطای انسانی قابل پیش‌گیری در پزشکی در آمریکا، ۱۷ تا ۲۹ میلیارد دلار تخمین زده می‌شود. برخی از خطاهای پزشکی مربوط به میزان دارو است که اغلب در بیمارستان‌ها رخ می‌دهد و اگرچه همه آن‌ها به آسیب‌های جدی منجر نمی‌شود ولی برخی از آن‌ها می‌تواند مرگ‌بار باشد

1- strategic

2- tactical

۳- عدم ارایه اطلاعات آماری از هزینه خطای انسانی در سایر صنایع به‌دلیل عدم دسترسی به اطلاعات دارای اعتبار و روایی بوده است.

حوادث می‌توانند هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم بر سازمان‌ها تحمیل کنند. به‌گونه‌ای که برخی از هزینه‌های ایجاد شده را نمی‌توان توسط بیمه جبران کرد. ممکن است فقط هزینه‌های مستقیم توسط شرکت‌های بیمه پرداخت شده و بنابراین سایر هزینه‌ها بر سازمان تحمیل شود. در بیشتر موارد برای نشان دادن نسبت هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم از مثال کوه یخی استفاده می‌شود. هزینه‌های مستقیم بخش قابل رؤیت و هزینه‌های غیرمستقیم بخش غیرقابل رؤیت کوه یخی را تشکیل می‌دهند [۴۶].



شکل ۱. نسبت هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم حوادث

آن دسته از هزینه‌های حوادث که تحت پوشش بیمه قرار نگرفته بین ۸ تا ۳۶ برابر بیش از هزینه‌های مشمول پرداخت حق بیمه است. به این معنی که در صورت بروز حادثه برای هر ۱ دلار که توسط شرکت‌های بیمه پرداخت می‌شود، سازمان‌ها مجبورند بین ۸ تا ۳۶ برابر بپردازند [۴۶]. هزینه‌های غیرمستقیم معمولاً موارد زیر را در بر می‌گیرد [۲۹]:

و خسارات زیادی به‌بار آورد. براساس نتایج تحقیقات انجام شده، حدود دو درصد از بیماران پذیرش شده در دو بیمارستان آموزشی مشهور در امریکا، در معرض خطاهای قابل پیش‌گیری مربوط به میزان دارو قرار گرفته‌اند که این امر منجر به افزایش هزینه پذیرش هر بیمار به میزان ۴۷۰۰ دلار (به‌طور متوسط) و برای یک بیمارستان آموزشی ۷۰۰ تخت‌خوابی ۲٫۸ میلیون دلار در سال می‌شود. با تعمیم این یافته‌ها، هزینه ناشی از خطاهای قابل پیش‌گیری مربوط به میزان دارو در امریکا سالانه دو میلیارد دلار تخمین زده می‌شود. این در حالی است که بیماران بیمارستان‌ها صرفاً بخشی از جمعیت در معرض خطر را شامل می‌شوند و هزینه‌های مستقیم بیمارستان فقط کسری از تمام هزینه‌ها محسوب می‌شود [۳۴].

- خطاهای انسانی در تعمیر و نگهداری هواپیما نه تنها یک تهدید برای ایمنی پرواز محسوب می‌شود، بلکه به دلیل تأخیر، کنسل شدن پرواز و یا برهم زدن برنامه زمانی، هزینه‌های زیادی را به‌ویژه به خطوط هوایی تحمیل می‌کند [۲۶]. به‌عنوان مثال، کنسل شدن پرواز یک هواپیما به‌طور متوسط حدود ۵۰,۰۰۰ دلار و تأخیر در گیت ساعتی ۱۰,۰۰۰ دلار برای خط هوایی هزینه دارد [۲۹]. این هزینه برای یک هواپیمای بوئینگ ۴۰۰-۷۴۷ به‌ترتیب ۱۴۰,۰۰۰ و ۱۷,۰۰۰ دلار است [۳]. بنابراین حتی یک خطای ساده که موجب بازگشت هواپیما به گیت شود، می‌تواند هزینه قابل توجهی در بر داشته باشد [۲۶].

- در حمل و نقل دریایی، بر اساس برآورد شرکت بیمه UK P&I Club (یکی از قدیمی‌ترین شرکت‌های بریتانیا در جهان)، در ده سال اخیر ادعای خسارت بیمه از این شرکت ۱۵ میلیارد دلار یا به عبارت دیگر روزی ۴ میلیون دلار بوده است. ۶۵ درصد از این مبلغ (یعنی ۱۰ میلیارد دلار) مربوط به حوادثی بوده که خطای انسانی یکی از عوامل اصلی حادثه بوده است. در سال ۲۰۰۸ در صنعت کشتیرانی به‌طور متوسط یک فاجعه در هفته رخ داده که ادعای خسارت هریک، حداقل ۱۷ میلیون دلار و آثار اقتصادی آن بالغ بر ۸۵ میلیون دلار بوده است [۱۶].

که هدف آن کنترل خطرهای ایمنی در محیط‌های عملیاتی است. بنابراین "ایمنی حالتی است که در آن احتمال آسیب به افراد و دارایی‌ها از طریق فرآیند مستمر شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک‌ها تا سطح قابل قبول کاهش یافته و در آن باقی بماند" [۲۸].

تحول تفکر ایمنی

در رویکرد سنتی، بررسی رویدادها و حوادث، با تأکید بر پیامدها، اعمال ناایمن پرسنل عملیاتی و موضوعات شناخته شده و آشکار ایمنی بر این نکات توجه می‌شد که چه رخ داده؟ چه کسی مسؤول آن بوده و چه موقع رخ داده است؟ حال آن که رویکردهای جدید به کار گرفته شده در ۵۰ سال اخیر، با تأکید بر چرایی و چگونگی وقوع یک رویداد، از نقایص ایمنی و دلایل نهفته و زیربنایی پرده برمی‌دارد [۲۸]. به عنوان مثال:

- در اوایل بهره‌برداری از صنعت هوانوردی و نیز بلافاصله پیش و پس از جنگ جهانی دوم تا دهه هفتاد میلادی، نقایص ایمنی صرفاً به عوامل فنی نسبت داده می‌شد [۲۸].
- در اوایل دهه هفتاد و با پیشرفت قابل ملاحظه در فناوری (معرفی موتورهای جت، رادارها، سیستم هدایت خودکار هواپیما، توانایی‌های ارتباطی پیشرفته و فناوری‌های بهبود عملکرد)، نقایص ایمنی به خطاهای انسانی نسبت داده شد. به این ترتیب عملکرد انسان و مهندسی عوامل انسانی و اقداماتی مانند مدیریت منابع خدمه پرواز، اتوماسیون و سیستم‌های پشتیبانی عملکرد انسان، کانون توجه قرار گرفت. بین نیمه دوم دهه هفتاد و نیمه دوم دهه نود میلادی با سرمایه‌گذاری‌های عظیم صنعت هوانوردی برای کنترل خطای انسانی، عصر طلایی مهندسی عوامل انسانی در صنعت هوانوردی نام گرفت [۲۸].

- کسورات بیمه
- زمان از دست‌رفته و اضافه‌کاری
- هزینه تحقیق و بررسی
- کاهش یا فقدان بهره‌وری پرسنل آسیب‌دیده
- هزینه استرداد درخواست‌ها
- غیرقابل استفاده شدن تجهیزات
- هزینه اجاره یا جایگزینی تجهیزات
- افزایش هزینه عملیاتی تجهیزات باقیمانده
- از دست دادن قطعات یا تجهیزات خاص
- جریمه‌ها و احضاریه‌ها
- هزینه‌های حقوقی مربوط به حوادث
- افزایش حق بیمه
- بیمه مسوولیت مدنی (علاوه بر بیمه)
- از دست رفتن کسب و کار و آسیب به اعتبار شرکت
- کاهش قیمت سهام
- هزینه اقدامات اصلاحی

مفهوم ایمنی و تحول تفکر ایمنی

"ایمنی" می‌تواند معانی ضمنی گوناگونی داشته باشد مانند [۲۸]:

- صفر حادثه^۱ یا رویداد^۲ جدی
 - رهایی از خطرات
 - نگرش کارکنان در مورد اعمال یا شرایط ناایمن
 - اجتناب از خطا
 - انطباق با قوانین و مقررات
- معنای ضمنی هر چه باشد همه یک وجه اشتراک دارند و آن "امکان کنترل کامل" از طریق طراحی یا مداخله^۳ است. امروزه ایمنی، پیامد مدیریت فرآیندهای سازمانی معینی تعریف می‌شود

1- accident

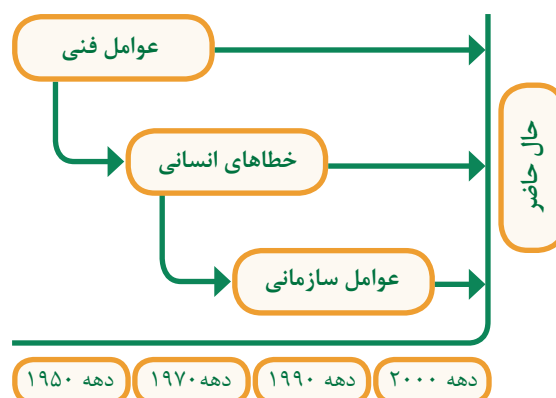
2- incident

3- intervention

ملاحظات مهندسی عوامل انسانی در تحلیل ایمنی سیستم‌ها اجتناب‌ناپذیر است [۴۳]. هدف از مهندسی عوامل انسانی، مطالعه توانایی‌ها، محدودیت‌ها و رفتار افراد و کاربرد این اطلاعات در طراحی سیستم‌ها به منظور کاهش خطاها، ارتقاء ایمنی و افزایش بهره‌وری است.

مهندسی عوامل انسانی

علم یا فن‌آوری مهندسی عوامل انسانی یک زمینه متشکل از رشته‌های مختلف روانشناسی، مهندسی، طراحی صنعتی، آمار، تحقیق در عملیات و آنتروپومتری^۱ (مبحث سنجش و اندازه‌گیری بدن انسان) است. مهندسی عوامل انسانی اصطلاحی است که علم درک ویژگی‌ها و توانایی‌های انسان و کاربرد این توانایی‌ها در طراحی، توسعه و استقرار سیستم‌ها و خدمات و همچنین نگهداری محیط‌های کاری را میسر می‌سازد [۴۵]. بر اساس مدل انجمن تولیدکنندگان نفت و گاز^۲، مهندسی عوامل انسانی عبارت است از: "تعامل افراد با یکدیگر و نیز تعامل ایشان با تجهیزات و سیستم‌های مدیریتی" [۳۵]. حوزه افراد شامل نگرش‌ها، مهارت‌ها و ادراکات و نیز عوامل مربوط به تناسب با کار، استرس و خستگی می‌شود. حوزه تسهیلات و تجهیزات به بررسی ویژگی‌های فیزیکی، فضای کار، طراحی و نگهداری تجهیزات و قابلیت اعتماد آن‌ها می‌پردازد. حوزه سیستم‌های مدیریتی چهارچوبی فراهم می‌آورد که کار در سایه آن انجام می‌گیرد. این حوزه شامل روش‌های اجرایی، آموزش و ایمنی مربوط به سیستم‌های کاری و ابعاد و جوانب فرهنگ ایمنی است. حوزه‌ای که از همه این‌ها مهم‌تر است، محیط کاری و فرهنگی شامل فرهنگ ملی، محلی و کارگاهی و عوامل اجتماعی است [۱۴]. سازمان مدیریت سلامت و ایمنی انگلستان^۳، مهندسی عوامل انسانی را این گونه تعریف می‌کند:



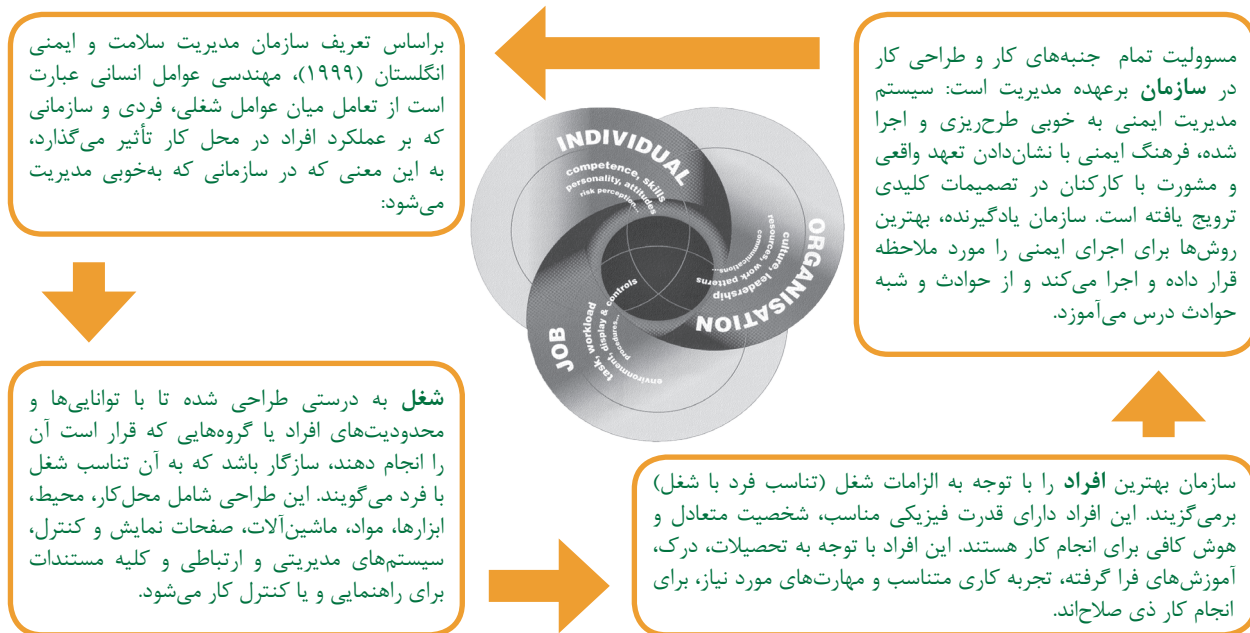
شکل ۲. تحول تفکر ایمنی [۲۸]

• با این وجود و علی‌رغم سرمایه‌گذاری زیاد در اقدامات مداخله‌ای در تعدیل خطای انسانی، در نیمه دوم دهه نود، عملکرد انسان هنوز به‌عنوان یکی از نقایص ایمنی مطرح بود. اوایل دهه نود میلادی، این موضوع مورد توجه قرار گرفت که انسان‌ها در خلاء فعالیت نمی‌کنند، بلکه در شرایط و زمینه عملیاتی خاص به انجام وظایف می‌پردازند. اگرچه تا آن زمان دلایل علمی چگونگی تأثیرگذاری شرایط و عوامل محیطی بر عملکرد انسان به‌عنوان یکی از وقایع شکل‌دهنده رفتار و پیامد آن مشخص نبود، صنعت هوانوردی اذعان داشت که شرایط عملیاتی بر عملکرد انسان به‌صورت بازدارنده یا حمایت‌کننده تأثیر دارد. با بیان این موضوع، عصر جدید "توجه به عوامل سازمانی" در صنعت هوانوردی آغاز شد. براین اساس، رویکرد سیستماتیک به نقایص ایمنی گسترش یافت تا عوامل فنی، انسانی و سازمانی را در بر گرفته و تصور بروز حوادث سازمانی را در این راستا، پذیرا شود [۲۸]. همان‌طور که گفته شد از آنجایی که انسان‌ها در خرید، طراحی، بهره‌برداری، مدیریت، نگهداری و امحاء سیستم‌ها و در نتیجه در موفقیت یا عدم موفقیت این سیستم‌ها نقش دارند، در نظر گرفتن

1- Anthropometry

2- Oil & Gas Producers (OGP)

3- Health, Safety Executive (HSE)



شکل ۳. تعریف مهندسی عوامل انسانی توسط سازمان مدیریت سلامت و ایمنی انگلستان [۲۵]

- در مرکز مدل SHEL، انسان یعنی مهم‌ترین و انعطاف‌پذیرترین جزء سیستم قرار دارد که سایر اجزاء باید با آن سازگار باشند تا از بروز نقایص اتفاقی پرهیز شود. عملکرد انسان می‌تواند به دلیل محدودیت‌های وی تحت تأثیر قرار گیرد، هرچند که بسیاری از آن‌ها قابل پیش‌بینی است. برخی از مهم‌ترین عواملی که می‌تواند عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد، عبارت است از [۳۱]:
- **عوامل فیزیکی:** که شامل محدودیت‌های فیزیکی در انجام یک وظیفه مشخص مانند قد، حس بینایی، حس شنوایی و قدرت فیزیکی می‌شود.
- **عوامل فیزیولوژیکی:** که اغلب به عوامل فیزیکی مرتبط است. برخی از عوامل فیزیولوژیکی که می‌تواند عملکرد فیزیکی فرد را تحت تأثیر قرار دهد، عبارتند از: دسترسی به اکسیژن، سلامت عمومی، تغذیه، بیماری، استعمال دخانیات، سوء مصرف مواد و الکل.
- **عوامل روان‌شناختی:** شامل آمادگی روانی برای قبول شرایطی است که ممکن است حین کار رخ دهد. تناسب روان‌شناختی فرد

◀ مدل مفهومی از مهندسی عوامل انسانی

معمولاً برای تشریح مهندسی عوامل انسانی از مدل SHEL استفاده می‌شود. حروف اول این مدل مخفف کلمات زیر است [۳۱]:

- S – Software: نرم افزار (دستورالعمل‌ها، آموزش و ...)
- H – Hardware: سخت افزار (ماشین‌آلات و تجهیزات)
- E – Environment: محیط (موقعیتی که سایر عناصر سیستم

یعنی L-H-S در آن کار می‌کند).

L – Liveware: انسان در محل کار



شکل ۴. مدل SHEL [۳۱]

پرسنل در محیط کار، رهبری، همکاری افراد با یکدیگر، کار گروهی و تأثیر گروه بر رفتار و عملکرد و تعامل شخصیت‌ها را شامل می‌شود [۳۱].

● **تعامل میان افراد و محیط (L-E):** این تعامل ارتباط میان افراد و محیط‌های داخلی (عوامل محیطی مانند دما، نور، صدا، لرزش و کیفیت هوا) و خارجی (مثلاً برای خلبانان قابلیت دید، توفان و ویژگی‌های فیزیکی زمین) را در برمی‌گیرد [۳۱].

خطای انسانی (تعاریف، مدل‌ها)

همه افراد اشتباه می‌کنند و به‌طور کلی خطاهای انسانی، جزئی از تجربه روزمره ماست. خطای انسانی می‌تواند به سادگی "ارتکاب اشتباه" تعریف شود، اما واقعیت پیچیده‌تر از آن است [۴۴]. در این مقاله خطای انسانی از دید تأثیری که بر ایمنی سیستم‌ها می‌تواند داشته باشد، مورد بررسی قرار گرفته است. باید توجه داشت مفهوم خطای انسانی باید فراتر از رویدادهای ملموس در نظر گرفته شود. خطا در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی و یا دستورات نظامی نیز باید در جای خود و بسته به اهداف مورد نظر، بررسی و تحلیل شوند [۳۷].

کوشش‌های بسیاری به‌منظور تعریف خطای انسانی و طبقه‌بندی آن صورت گرفته است که هر کدام بسته به اهداف مورد استفاده در زمان خود قابل قبول بوده است. به‌عنوان مثال:

- به اعتقاد ریزن^۱ (۱۹۹۰) خطای انسانی واژه‌ای کلی و شامل تمام وقایعی است که طی آن، زنجیره برنامه‌ریزی‌شده فعالیت‌های ذهنی یا فیزیکی به نتیجه مورد انتظار نایل نمی‌شود و این نقایص را نمی‌توان به عامل شانس نسبت داد [۴۵].
- سوین و گاتمن^۲ (۱۹۸۳) معتقدند خطا عبارتست از عمل غیرمجاز، هنگامی که حدود عملکرد مجاز، توسط سیستم تعریف شده باشد [۴۵].

با وظیفه، مواردی چون انگیزش، نگرش نسبت به انجام رفتارهای مخاطره‌آمیز، اعتماد به نفس و استرس را در برمی‌گیرد که هر یک می‌تواند اثربخشی مهارت‌های قضاوت، ارتباط، تصمیم‌گیری و قدرت سازگاری با شرایط اضطراری را تحت تأثیر قرار دهد.

● **عوامل روانی-اجتماعی:** شامل آن دسته از عوامل خارجی در سیستم اجتماعی فرد، هم در محیط کار و هم در محیط‌های غیرکاری است که می‌تواند موجب فشار بیشتری بر فرد شود (مانند بحث با رئیس، اختلاف بین مدیر و کارمند، مرگ یکی از اعضای خانواده و یا مشکلات مالی فردی). عوامل روانی-اجتماعی می‌تواند رویکرد فرد نسبت به کار و توانایی فرد در مدیریت استرس و وقایع غیرمترقبه را تحت تأثیر قرار دهد.

● محیط‌های عملیاتی ممکن است تحت عوامل مختلف به‌گونه‌ای تغییر یابد که موجب شود پرسنل معمولی، سالم، شایسته و باتجربه، عملکردی پایین‌تر از سطح انتظار داشته باشند [۳۱].

● **تعامل میان انسان و سخت افزار (L-H):** این موضوع که یکی از موضوعات معمول در مهندسی عوامل است به بررسی تعامل انسان با محیط کار فیزیکی می‌پردازد. به‌عنوان مثال آیا طراحی صندلی‌ها با ویژگی‌های فیزیکی استفاده‌کنندگان متناسب است؟ آیا صفحات نمایش با ویژگی‌های حسی و پردازش اطلاعات توسط کاربران هماهنگی دارد [۳۱].

● **تعامل میان انسان و نرم افزار (L-S):** این تعامل نمایان‌گر ارتباط افراد با کلیه سیستم‌های پشتیبانی موجود در محل کار مانند قوانین، نظامنامه‌ها، چک‌لیست‌ها، انتشارات، دستورالعمل‌ها و نرم‌افزارهای کامپیوتری و قابلیت استفاده آسان از آن‌ها مانند صحت، دقت، کفایت، فرمت و آرایه، واژه‌نگاری و وضوح می‌شود [۳۱].

● **تعامل میان افراد (L-L):** این تعامل ارتباط فرد با سایر

1- J.Reason
2- Swain & Guttman

به عنوان الگویی مناسب برای تشریح عملکرد انسان پذیرفته شده، مدل ارایه شده توسط ریزن است. ریزن در سال ۱۹۹۰، سیستم الگوسازی خطا^۵ را بر مبنای طبقه بندی راسموسن^۶ (۱۹۸۳) از رفتار مبتنی بر مهارت، قاعده و معلومات^۷ ارایه کرد [۴۵].

◀ سطوح مختلف رفتار

بررسی تعامل بین محیط کاری متحول و انسان متغیر و تطبیق پذیر، نیازمند در نظر گرفتن راه های مختلفی است که می تواند رفتار انسانی را بسته به میزان آشنایی وی با سیستم و ویژگی های آن کنترل کند. راسموسن (۱۹۸۳ و ۱۹۸۵) مدلی برای توضیح رفتار شناختی انسان پیشنهاد کرده است که در آن سه سطح رفتار بر اساس مهارت، قواعد و معلومات مطرح شده است [۴۷].

رفتار مبتنی بر مهارت. بیان گر سطح پایه عملکرد انسان و معمولاً برای اتمام کارهای معمول و آشنا که به صورت خودکار و بدون نیاز به تفکر آگاهانه و نیز بدون نیاز به بازخورد اطلاعات از محیط خارج قابل انجام اند، مورد استفاده قرار می گیرد [۴۴]. در این مرحله، اطلاعات دریافتی حالات مشابهی که فرد قبلاً تجربه و آنها را به طور موفق کنترل نموده را یادآوری می کند و موجب اعمال سریع فرمان کنترلی از جانب وی می شود. تنها دریافت علایم از تغییر شناخته شده برای ابراز واکنش (تجربه شده قبلی) کافی است. در این حالت فرد حداقل کار ذهنی را انجام می دهد. به عبارت دیگر علایم دریافتی به طور واضح الگویی آشنا و شناخته شده را در ذهن فرد تداعی می کند. یک فرد ماهر و با تجربه بلافاصله پس از دریافت علایم، پاسخ مناسب را ارایه می دهد [۴۵]. دامنه احتمال خطا در فعالیت های مبتنی بر مهارت، حداکثر ۰/۰۰۵ یا یک خطا در ۲۰۰ فعالیت و حداقل ۰/۰۰۰۰۵ یا (5×10^{-5}) است.

تعریف خطای انسانی متناسب با اهداف مؤلف عبارت است از: "عدم موفقیت غیر عمدی در انجام یک عمل هدفدار، به صورت منفرد و یا جزئی از زنجیره طرح ریزی شده اعمال، جهت دستیابی به نتیجه مورد انتظار در محدوده مجاز تعیین شده عمل یا پیامد آن" [۴۴].

بر اساس این تعریف، خطای انسانی در صورتی رخ می دهد که:

- هنگام انجام عمل، مطلقاً قصد خطا وجود نداشته باشد،
 - عمل هدفدار باشد،
 - پیامد مورد انتظار عمل در محدوده مجاز آن حاصل نشود.
- خطای انسانی توسط افراد مختلف و بر اساس مدل های گوناگون طبقه بندی شده است. اشتراک^۱ (۲۰۰۰)، مدل های خطا را به شرح زیر تقسیم بندی کرده است [۴۵]:
- مدل های پدیده شناسی خطا^۲: در مدل های پدیده شناسی خطا، فرد سعی در کشف آنچه اتفاق افتاده است، دارد. خطاها در گروه های قابل مشاهده طبقه بندی و توصیف می شود. به این ترتیب سوال اساسی در مورد انواع خطاها است.
 - مدل های سببی^۳: در مدل های سببی خطا باید شرایط احتمالی ایجاد خطا را تعریف کرد، به عبارت دیگر این مدل ها با تعیین شرایط احتمالی عمل خطا و نادرست، فراتر از یک تعریف عمل می کنند. در اینجا سوال اساسی در مورد شرایط ایجاد خطا است. (چرا خطا اتفاق می افتد؟)
 - مدل های عملی خطا^۴: در مدل های عملی خطا، مقیاس ها و الگوهای چاره (شرایط اجتناب) تعقیب می شود، به طوری که از اتفاقات مشابه در آینده پرهیز شود. در اینجا سوال اساسی درباره امکان اجتناب از خطا است. (چطور می توان از بروز خطا احتراز کرد؟)
- یکی از مهم ترین طبقه بندی ها که از زمان معرفی تاکنون،

1- Striiter

2- Phenomenological Error Models

3- Causal Error Models

4- Actional Error Models

5- GEMS: The Generic Error Modeling System

6- Rasmussen

7- S-K-R : Skill, Knowledge and Rule Based Behavior



شکل ۵. نمونه‌ای از رفتار مبتنی بر قاعده

احتمال وقوع خطا در فعالیت های مبتنی بر قاعده، حداکثر ۰/۰۵ یا یک خطا در ۲۰ فعالیت و حداقل ۰/۰۰۰۵ یا به طور متوسط یک خطا در ۲۰۰۰ فعالیت است [۴۴].

۰/۰۵ > احتمال وقوع خطا > ۰/۰۰۰۵

رفتار مبتنی بر معلومات. رفتار مبتنی بر معلومات، در موقعیت‌های کاملاً جدید و تازه که برای آن قواعد ذخیره شده مکتوب یا غیرمکتوب وجود ندارد و هرگونه اقدام بایستی براساس طرح‌های از پیش تنظیم شده صورت گیرد، کاربرد دارد. در واقع هدف واضح و مشخصی برای دستیابی وجود دارد و روش دستیابی به آن از اصول اولیه مشتق می‌شود. در این الگوی رفتاری، طرح و راهبرد دستیابی به هدف، ایجاد شده و اقدامات لازم (ترکیبی از اقدامات مبتنی بر مهارت و قاعده) برای اجرای آن صورت گرفته و موثر بودن آن از طریق مقایسه پیامد حاصل با پیامد مطلوب (هدف مورد نظر) مورد سنجش قرار گرفته و این عمل تا زمان رسیدن به موفقیت ادامه می‌یابد [۴۴].

به عبارت دیگر در موقعیت‌های جدید و ناآشنا که برای مواجهه با آنها، تجارب قبلی قابل استفاده نیست و قواعد مشخصی

به طور متوسط یک خطا در ۲۰,۰۰۰ فعالیت است [۴۴].

مثال: فرآیند مکانیکی راندن اتومبیل، مثالی روزمره از رفتار مبتنی بر مهارت است. یک راننده مجرب به منظور تمرکز بر فعالیت نسبتاً پیچیده هدایت به سمت مقصد، فعالیت‌های عادی مانند چرخش فرمان، تعویض دنده، کاربرد کلاچ و ترمز را به صورت "هدایت خودکار" انجام می‌دهد. این فرد تنها بایستی مراحل اولیه یادگیری رانندگی را به یاد آورده و عملاً توجه آگاهانه کمتری را به انجام فعالیت‌های فوق معطوف می‌دارد [۴۴].

رفتار مبتنی بر قاعده. در این مرحله فرد پس از دریافت اطلاعات، الگوی شرایط پیش آمده را با شرایط از قبل پیش‌بینی شده، مقایسه کرده و موفق به یافتن الگوی از پیش تعیین شده می‌گردد [۴۵]. بنابراین رفتار مبتنی بر قاعده، برای انجام وظایف کمتر آشنا و پیچیده نسبت به وظایف قابل انجام در سطح رفتار مبتنی بر مهارت کاربرد دارد. وظایف، براساس مجموعه‌ای از قواعد ذخیره شده، انجام می‌شود. ممکن است قواعد در دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی تعریف شده و یا از طریق تجربه یا آموزش رسمی آموخته و هنگام انجام وظایف، از حافظه فرد بازیابی شده باشد [۴۴].

۰/۰۰۰۰۵ > احتمال وقوع خطا > ۰/۰۰۰۰۵

مثال: رانندگی موفق در مسیری آشنا مانند سفر روزانه به محل کار و برعکس، نمونه‌ای از رفتار مبتنی بر قاعده است. تمام رانندگان برای رسیدن به مقصدی آشنا، علائمی دریافت می‌کنند ولی قادر به یادآوری اجزاء و بخش‌های این سفر مانند توقف پشت چراغ قرمز و یا رانندگی در مسیرهای فرعی در مواجهه با ترافیک نیستند. این امر تنها به این دلیل است که هدایت، از طریق یادآوری خودکار قواعدی که بر مبنای نقشه ذهنی سفرهای آشنا ذخیره شده، صورت می‌گیرد [۴۴].

با استفاده از اصول اولیه، مراحل جدیدی برای مسیر طرح ریزی نماید. در عمل، به این دلیل که بیشتر مراحل فرآیند رانندگی آشناست، رفتار راننده، با توجه به میزان مهارت و تجربه وی و نیز موقعیتهایی که با آن‌ها مواجه می‌شود، دائماً در حال تغییر در سطوح مهارت، قاعده و معلومات مدار است. این تغییر راهبرد هنگام انجام بسیاری از فعالیت‌ها صورت می‌گیرد [۴۴].

احتمال وقوع خطا در وظایف مبتنی بر معلومات (در مقایسه با موارد مبتنی بر مهارت یا قاعده) به واسطه عدم تجربه قبلی و اشتقاق راه حل‌ها از اصول اولیه، بیشتر است. در این سطح رفتاری، احتمال خطا از ۰/۵ یا یک خطا در ۲ فعالیت تا ۰/۰۰۵ یا یک خطا در ۲۰۰ فعالیت متغیر است [۴۴].

۰/۰۰۵ > احتمال وقوع خطا > ۰/۰۰۰۵

وجود ندارد، افراد ناچار به انجام سطح بالاتر کار ذهنی، پردازش اطلاعات، یافتن راه حل مناسب و انتخاب روش انجام آن (ترکیبی از اقدامات مبتنی بر مهارت یا قاعده) می‌باشند. در این فرآیند ذهنی باید فرضیه‌های نظری از شرایط به‌وجود آمده را ایجاد و به کمک انجام فرآیند سعی و خطا (و یا به‌طور ذهنی با پیش‌بینی تأثیر اجرای آن بر ویژگی‌های کل سیستم) اجرا و پیامد حاصل را با پیامد مطلوب مقایسه کند [۴۵].

مثال: هدایت اتومبیل در یک سفر آشنا، معمولاً با ترکیبی از رفتارهای مبتنی بر مهارت و قاعده صورت می‌گیرد. با تغییر شرایط به‌عنوان مثال رانندگی در مسیرهای ناآشنا، مواجهه با ترافیک پیچیده و غیرمنتظره و یا رویارویی با موقعیتهای جدید مانند انحراف از مسیر به‌دلیل تصادف یا مانع، سطح رفتار به رفتار مبتنی بر معلومات سوق می‌یابد. در این شرایط، رانندگی بر مبنای هدایت خودکار صورت نمی‌گیرد و راننده ممکن است

جدول ۱. ویژگی‌های سطوح مختلف رفتار [۴۴]

سطح رفتار	وظیفه			
	معمول و آشنا است؟	کاملاً درک شده است؟	تمرین شده است؟	دستورالعمل دارد؟
مبتنی بر مهارت	بلی	بلی	بلی	خیر
مبتنی بر قاعده	بلی	خیر	خیر	بلی
	خیر	بلی	خیر	بلی
مبتنی بر معلومات	خیر	خیر	خیر	خیر

مقایسه خطا در سطوح مختلف رفتاری

$$SB > RB > KB$$

- ۶۱ درصد از خطاها در سطح رفتار مبتنی بر مهارت (SB) رخ می‌دهد.
- ۲۷ درصد از خطاها در سطح رفتار مبتنی بر قاعده (RB) رخ می‌دهد.
- ۱۱ درصد از خطاها در سطح رفتار مبتنی بر معلومات (KB) رخ می‌دهد.

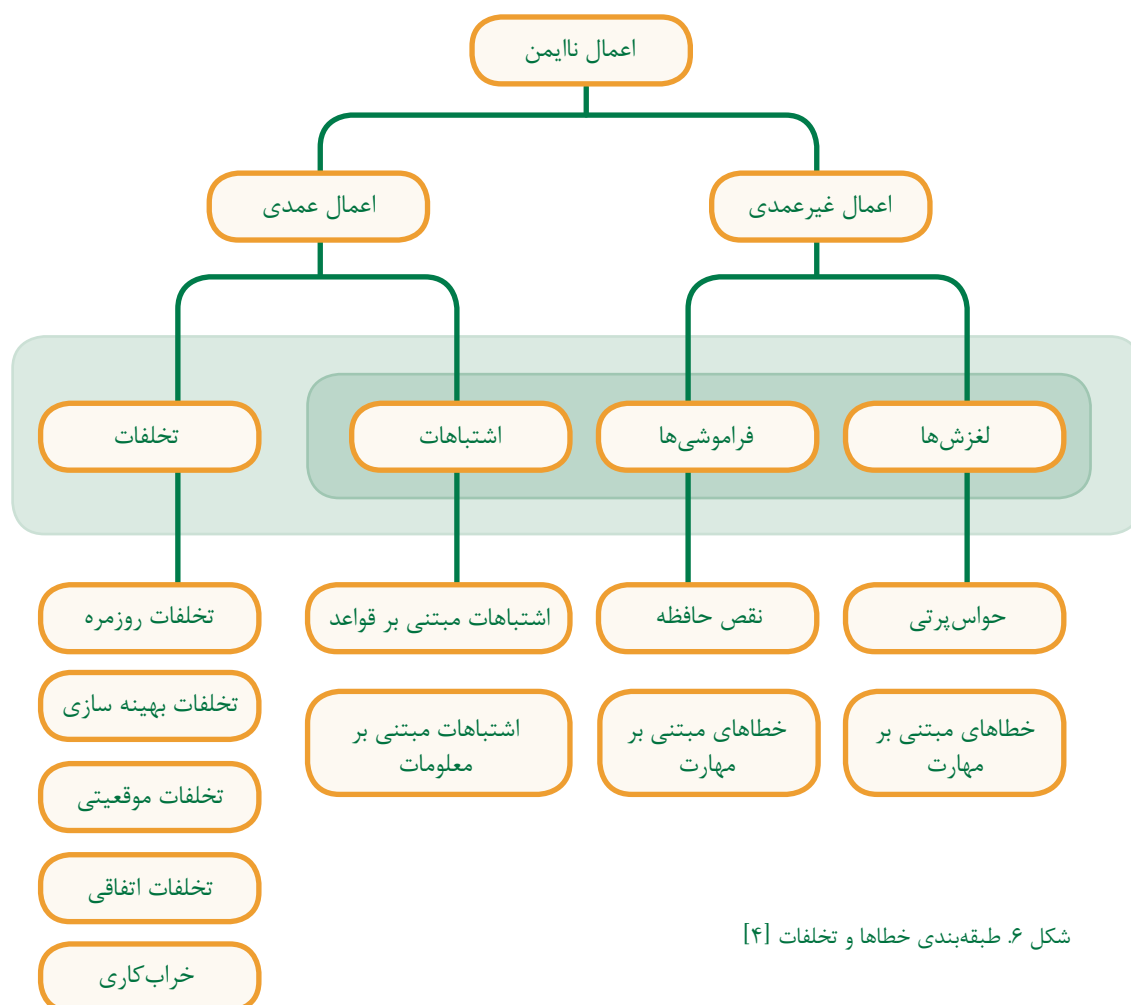
برحسب فرصت‌های بروز خطا این ترتیب برعکس می‌شود.

در سطوح رفتاری مختلف، بیش‌ترین وظایف برحسب رفتار مبتنی بر مهارت و کمترین وظایف برحسب رفتار مبتنی بر معلومات انجام می‌شود. بنابراین احتمال بروز خطا در وظایفی که در سطح رفتار مبتنی بر معلومات انجام می‌شود، بیش‌تر از سایر سطوح است [۶].

انواع خطا

بالقوه می‌توانند به لایه‌های دفاعی سیستم که توسط سازمان و یا سازمان‌های نظارتی/ قانونی و ... به‌منظور محافظت از سیستم تعبیه شده، نفوذ کنند. براساس مدل ریزن، شرایط تولیدکننده خطا و تخلف در تمام بافت‌های عملیاتی وجود دارد و می‌تواند بر عملکرد فردی یا گروهی تأثیر منفی داشته باشد [۲۸]. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، خطاها اعمال غیرعمدی شامل لغزش^۱، فراموشی^۲ و اشتباه^۳ هستند. تخلفات^۴ در گروه اعمال عمدی طبقه‌بندی می‌شود. [۱۴]

ریزن خطاهای انسانی را به خطاهای فعال و نهفته تقسیم کرد. به‌طورکلی خطاهای فعال که به‌عنوان اعمال نالایمن نیز از آن یاد می‌شود، شامل خطاها و تخلفاتی است که اثرات منفی آن‌ها بلافاصله قابل مشاهده است (شکل ۶). خطاهای فعال عموماً به پرسنل خط مقدم (خلبانان، کنترل‌کنندگان ترافیک هوایی، اپراتورهای اتاق کنترل نیروگاه‌ها و ...) مربوط است و ممکن است پیامدهای مخرب و آسیب‌رسان داشته باشد. این نقایص



شکل ۶. طبقه‌بندی خطاها و تخلفات [۴]

1- slip
2- lapse

3- mistake
4- violation

- تخلفات بر مبنای فراوانی، به تخلفات عادی (روزمره) و استثنایی طبقه‌بندی می‌شوند. تخلفات عادی (روزمره)، به‌صورت عادت و احتمالاً ناآگاهانه انجام می‌شود. اغلب این تخلفات از قواعد کاملاً شناخته‌شده صورت می‌گیرد، به این دلیل که یا ناقص و نادرست هستند و یا اجرای آن‌ها دشوار است. تخلفات استثنایی که خیلی نادر و به‌صورت موردی و اغلب در موقعیت‌هایی اتفاق می‌افتند که غیرمعمول بوده و تصور می‌شود قواعد معمولی قابل اجرا نیست و بنابراین می‌توان آنها را نقض کرد [۴۴].

- تخلفات بر مبنای علیت به تخلفات موقعیتی و بهینه‌سازی تقسیم می‌شود. تخلفات موقعیتی که به‌علت شرایط تحمیل شده توسط محیط کاری بلافاصله (مانند طراحی و وضعیت محیط کار، فشار زمانی، تعداد کارکنان، نظارت، موجود بودن و طراحی تجهیزات و عوامل خارج از کنترل سازمان مانند آب و هوا و زمان روز) کارکنان رخ می‌دهد. تخلفات بهینه‌سازی که به‌علت انگیزه بهینه‌سازی محیط کار به دلایلی از جمله بی‌حوصلگی، کنجکاوی یا نیاز به هیجان رخ می‌دهد [۴۴].

همان‌طور که گفته شد خطاهای فعال در زمان وقوع خطا یا در اولین فرصت پس از وقوع آن ظاهر می‌شود و علت آن پیوند و ارتباط نزدیک میان کار و خطا است، در حالی که خطاهای نهفته در واقع، حوادث بالقوه‌ای هستند که در انتظار وقوع‌اند. "تعمیر و نگهداری" و "مدیریت" متداول‌ترین حوزه‌های فعالیتی هستند که خطاهای نهفته در آن‌ها به وقوع می‌پیوندند. دوره زمانی یا نهفتگی قبل از کشف خطاهای نهفته بسیار متغیر بوده و در زمینه فعالیت‌های طراحی یا تصمیم‌گیری‌های مدیریتی ممکن است ماه‌ها یا حتی سال‌ها به طول انجامد [۴۴].

خطاهای نهفته در تعمیر و نگهداری

بسیاری از حوادث خطرناک از خطاهای نهفته در فعالیت‌های تعمیر و نگهداری نشأت گرفته‌اند. مثالی نسبتاً ساده از تعمیر یک دستگاه مولد برق اضطراری، اثرات نهفتگی و نیز پیچیدگی بالقوه آن را نشان می‌دهد. چنانچه فعالیت تعمیر بر اجزایی انجام شود

• **لغزش** عبارت است از عدم موفقیت در اجرای عمل، به‌گونه‌ای که طرح‌ریزی شده است. در این مورد شخص دقیقاً می‌داند که می‌خواهد چه کاری انجام دهد، اما کار در زمان انجام، درست از آب در نمی‌آید. مثال: اپراتور ممکن است شماره نادرست را در سیستم کنترل تایپ کند، در حالی که قصد داشته شماره صحیح را وارد کند [۱۴].

• **فراموشی** عبارت است از عدم اجرای یک عمل، به‌گونه‌ای که طرح‌ریزی شده، به علت ناتوانی حافظه یا اندوزش. در این جا نیز نیت مثبت و درست است اما کار یا بخشی از کار، ممکن است از قلم بیفتد یا دوباره کاری شود. این خطاها هنگام انجام وظایف معمول و بسیار آشنا رخ می‌دهند و علت آن انحراف توجه از وظیفه در حال انجام به سمت مسایل نامربوط است. مثال: نخواندن صفحه نمایش یا فراموش کردن فشار یک کلید [۱۴].

• **اشتباه** عبارت است از خطا در طرح‌ریزی یک عمل، صرف‌نظر از این که آن عمل به‌طور صحیح انجام گرفته باشد یا خیر و می‌تواند شامل کاربرد نادرست یک طرح یا قاعده مناسب و یا کاربرد درست یک طرح یا قاعده نامناسب شود. به عبارت دیگر، در این جا اجرا کامل است اما طرح در هدف خود ناکام می‌ماند و این مسئله یا به‌دلیل نامناسب بودن طرح برای آن شرایط به‌خصوص است و یا شرایط به قدری ناآشناست که طرح از پیش تعیین‌شده‌ای برای آن وجود ندارد. تشخیص نادرست تعامل میان متغیرهای یک فرآیند و سپس انجام عمل نادرست، مثالی از اشتباه است [۱۴].

• **تخلف** به معنای انجام عمدی اعمالی خلاف ضوابط و مقررات سازمانی و روش‌های اجرایی و البته مغایر با اعمال خراب‌کارانه است. به‌عنوان مثال قدیمی یا منسوخ بودن دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی و یا کاربردی نبودن می‌تواند دلیلی برای عدم پیروی از آن‌ها باشد. از سوی دیگر ممکن است روش‌های اجرایی از ارزش کافی نزد اپراتورها برخوردار نباشد و یا سرپرستان ترجیح دهند کار را به شیوه دیگری انجام دهند [۴۴]. تخلفات بر مبنای فراوانی و علیت تقسیم‌بندی می‌شود:

وجود دارد، داشته باشد. حدود تصمیم مدیریتی در ایجاد یک حادثه تابعی از سطح سازمانی است که خطا در آن رخ می‌دهد. هرچه این سطح بالاتر باشد، اثر بالقوه آن گسترده‌تر خواهد بود. حتی ممکن است علت یک حادثه به جای فعالیتی خاص به فرهنگ یک سازمان بازگردد. نفوذ و تاثیر فرهنگ سازمانی در ایجاد حوادث حتی از اثرات فرآیند تصمیم‌گیری مدیریتی نیز پیچیده تر است [۴۴].

به اعتقاد دارل^۱ (۲۰۰۰) تصمیم‌گیری به فرآیندهای شناختی^۲ که در قضاوت^۳، انتخاب^۴، گزینش^۵، دست‌چین کردن^۶ و تفکیک^۷ مورد استفاده قرار می‌گیرند، اطلاق می‌شود [۴۵]. صرف منابع اندک مالی و زمانی برای تدوین اهداف، بررسی ایده‌های مختلف، عدم برنامه‌ریزی، مدیریت فشارهای اجتماعی و سیاسی (در کنار سایر عوامل) از ویژگی‌های تصمیمات ناموفق به‌شمار می‌رود. به‌علاوه، معمولاً به‌ندرت فواید و خطرهای گزینه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد [۳۸].

به اعتقاد کلاسون^۸ (۲۰۰۹) توجه به الزامات، نیازها و مسایلی که باید حل شود؛ درک ارتباطات نهفته و فشارهای موجود؛ و شهادت انجام اقدامات لازم، چارچوب اهم فعالیت‌های یک رهبر / تصمیم‌گیرنده را تشکیل می‌دهد و خطاهای تصمیم‌گیری در این چارچوب به شرح زیر تقسیم‌بندی شده است [۲]:

● **خطای بینش**^۹ زمانی رخ می‌دهد که رهبران (مدیران/تصمیم‌گیران) می‌خواهند در مورد مسایل یا موضوعاتی که باید حل شود، تصمیم‌گیری کنند. هنگامی که تصمیم‌گیران موضوعات و فرضیات زنده را در نظر نمی‌گیرند و یا به موضوعات اصلی و پیش‌زمینه‌های آن‌ها توجه نمی‌کنند و به جای آن توجه به موضوعات دست دوم و کم اهمیت‌تر معطوف می‌شود، خطای بینش صورت گرفته است. به عبارت دیگر زمانی که مدیران به

که در روشن کردن موتور دخالت دارند و چنانچه خطا خود در زمان موردنظر ردیابی و کشف نشده باشد، در آن صورت تا زمانی که اقدامی در جهت روشن کردن موتور صورت نگیرد، خطا آشکار نخواهد شد. این خطا، نهفته است زیرا بین اتمام کار تعمیر و نیاز به روشن کردن موتور در یک وضعیت اضطراری تأخیر وجود دارد. چنانچه برق اضطراری یک فرآیند خطرناک مانند نیروگاه هسته‌ای توسط این دستگاه مولد برق تأمین شود، در این صورت تبعات و پیامدهای چنین خطایی می‌تواند خطرناک باشد [۴۴].

خطاهای نهفته در مدیریت

حتی در بهترین سازمان‌ها، بیش‌تر شرایط ناایمن نهفته توسط مدیران سطح بالا یا تصمیم‌گیرندگان ایجاد می‌شود. نخست اینکه تصمیم‌گیرندگان مانند سایر افراد، ناتوانی‌هایی دارند [۳۱] و دچار اشکال معمولی خطای انسانی که در فوق اشاره شد، می‌شوند، هرچند احتمال اینکه این خطاهای مدیریتی دارای ماهیت فعال باشند، بسیار کمتر است زیرا به‌ندرت حادثه‌ای بلافاصله پس از وقوع خطا روی می‌دهد [۴۴]. از سوی دیگر، مدیران با محدودیت‌های زمانی، مالی و یا مسایل سیاسی مواجه‌اند [۳۱] و ممکن است حین فرآیند تصمیم‌گیری مرتکب خطا شوند. خطاهای تصمیم‌گیری همیشه نهفته بوده و اثرات آن‌ها ممکن است برای مدت زمان بسیار طولانی تأخیر داشته باشد و معمولاً تا زمانی که حادثه‌ای روی ندهد اصولاً شناخته نمی‌شود [۴۴].

مشکل دیگر دشواری پیش‌بینی و درک چگونگی انتقال خطاهای تصمیم‌گیری از بالا به پایین در یک سازمان است که در نهایت می‌تواند منجر به حادثه شود. علت اصلی این مشکل این است که فعالیت‌های مدیریتی می‌تواند اثرات بسیار گسترده‌ای بر "تعداد" و "تنوع" عملیات و فرآیندهایی که امکان وقوع حادثه در آنها

1- Darrel
2- Cognitive Process
3- Judgment

4- Selection
5-Choosing
6- Picking

7- Resolving
8- Clawson
9- Visioning error

ضرب‌المثل «جلوی ضرر را هر جا بگیری، منفعت است»، اقدام شود [۳۳].

- **برآورد بیش از حد^۴**. معمولاً افراد، خود را تصمیم‌گیرندگان بهتری از آنچه واقعیت دارد، می‌پندارند. برآورد بیش از حد، موجب می‌شود تصمیم‌گیرندگان اطلاعات عینی را نادیده گرفته و به قضاوت‌های خود اعتماد کنند. برای مثال مطالعات آروی^۵ و کمپیون^۶ (۱۹۸۲) نشان داد بهترین تصمیمات شغلی توسط مدیران، زمانی اتخاذ می‌شود که براساس اطلاعات آماری باشد، درحالی که بسیاری از مدیران، رویکردهای نوین در تصمیم‌گیری را نادیده گرفته و در عوض به قضاوت‌های خود اطمینان می‌کنند. داوز^۷ (۱۹۷۶) معتقد است مردم راغب هستند موفقیت‌های خود را بیش از شکست‌هایشان به‌خاطر آورند. این حافظه سوگیرانه موجب می‌شود اشخاص درمورد توانایی خود در تصمیم‌گیری دچارخطای برآورد بیش از حد شوند [۳۳].

❖ حوادث در سیستم‌های پیچیده اجتماعی – فنی^۸

سیستم‌های عظیم با فن‌آوری‌های پیچیده مانند هوا- فضا، نیروگاه‌های هسته‌ای، سیستم‌های هوانوردی، حمل و نقل ریلی و صنایع فرآیندی به این دلیل که نیازمند تعامل و ارتباط پیچیده بین افراد و اجزاء تکنولوژیک خود هستند، سیستم‌های اجتماعی – فنی نامیده می‌شود (شکل ۷). از آن جایی که عملیات در سیستم‌های اجتماعی – فنی شامل فعالیت‌هایی با خطرات و ریسک‌های زیاد همراه است، پیامدهای نقایص ایمنی بر حسب مرگ و میر و یا از دست دادن اموال و دارایی‌ها، اغلب فاجعه آمیز است [۶].

پیامدهای مشکلات که فقط به‌طور غیرمستقیم نتایج مطلوب را تحت تأثیر قرار می‌دهد، توجه دارند و یا توجه ایشان به "اثرات مشکلات ریشه‌ای" به جای "خود مشکلات ریشه‌ای" محدود می‌شود، مرتکب خطای بینش شده‌اند [۲].

- **خطای تداعی^۱** هنگام تفکر، آزمون و اتخاذ تصمیم در مورد ارتباط میان متغیرها مانند فشارهای (سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، ...) موجود، اقدامات ممکن و پیامدهای بالقوه مربوط به یک موضوع یا مسئله رخ می‌دهد. به‌عنوان مثال یافتن مدیرانی که گمان می‌کنند که "الف" علت بروز مسئله "ب" است، درحالی که در واقع اطلاعات و شواهد کافی برای اثبات چنین ارتباطی وجود ندارد، مشکل نیست [۲].

- **خطای اقدام^۲** هنگام تصمیم‌گیری برای انجام راه‌حل پیشنهادی رخ می‌دهد. دو نوع خطای اقدام وجود دارد: اقداماتی که باید انجام شود و اقداماتی که نباید انجام شود. خطای اقدام در دو حالت زیر رخ می‌دهد [۲]:

- اقدام، جایی که اصولاً نباید اقدامی صورت گیرد.
 - اقدام، زمانی که انجام اقدام ضروری به‌نظر می‌رسد.
- هرچند استفاده از راهبردهای معقول و منطقی معمولاً منجر به اتخاذ بهترین تصمیم می‌شود، گاهی شرایطی موجب می‌شود که بهترین تصمیم اتخاذ نشود. بحث در مورد این شرایط خارج از مجال این مقاله است و صرفاً به دو مورد بسیار معمول اشاره می‌شود که عبارتند از [۳۳]:

- **به دام اندازی^۳**. فرآیند به دام‌اندازی یکی از دلایل بروز خطا در تصمیم‌گیری است. زمانی که اشخاص احساس می‌کنند نسبت به انتخاب خود متعهدند، همین تعهد آن‌ها را به دام می‌اندازد و وادار می‌کند با وجودی که ادامه آن (تعهد) مضر است، به انجام آن مبادرت ورزند، حال آن که عقل سلیم حکم می‌کند براساس

1- Correlation errors

2- Action errors

3- Entrapment

4- Overestimation

5- Arvey

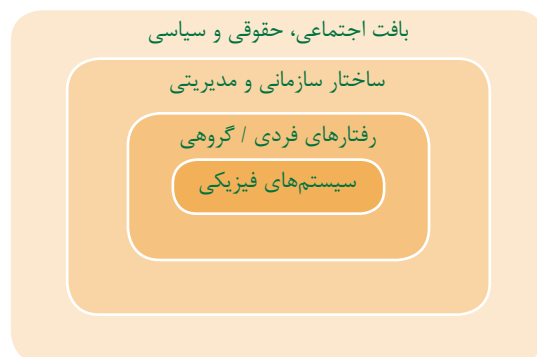
6- Campion

7- Daws

8- Socio-technical Systems

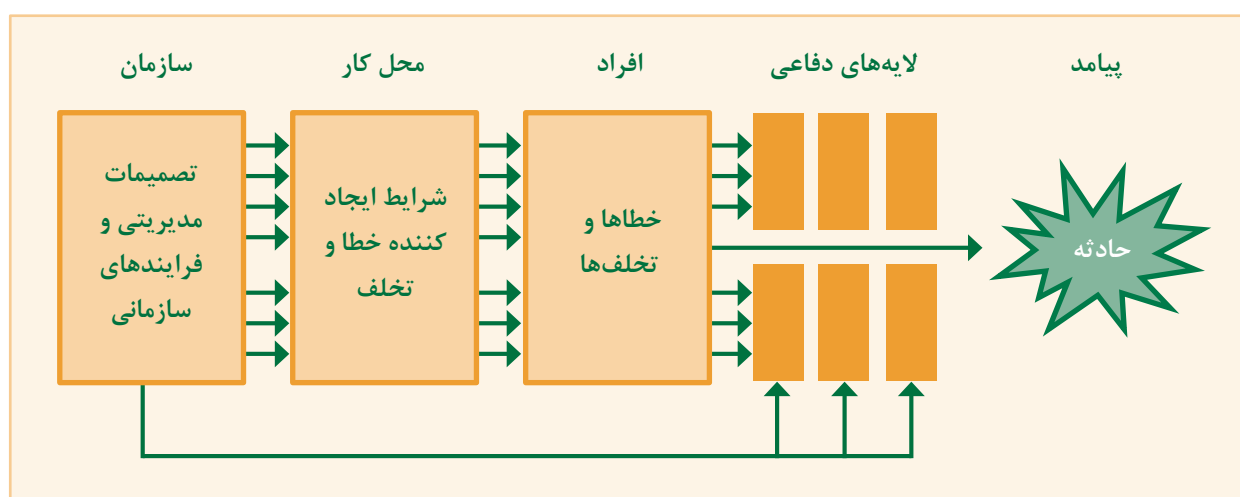
هوانوردی یا صنایع هسته‌ای به‌خوبی با لایه‌های دفاعی در عمق^۱، محافظت شده‌اند، به‌ندرت یک عامل به تنهایی می‌تواند حادثه‌ای با پیامدهای جدی به بار آورد. برخی از این دفاع‌ها عبارت هستند از [۳۱]:

- جنبه‌های فیزیکی طراحی (مانند صفحات نمایش و کنترل، حفاظت‌های ایمنی و ابزارهای ویژه)؛
- عناصر طراحی مشاغل (مانند توالی انجام وظایف، انطباق با دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی، مستندسازی کارهای قابل انجام)؛
- منابع لازم و کافی (تجهیزات، پرسنل آموزش دیده)؛
- سیستم‌های مدیریت ایمنی (شامل تحلیل روند، بازرسی‌ها و ممیزی‌های ایمنی، گزارش‌دهی حوادث و رویدادها)؛
- سیستم نظارتی اثربخش (مانند سیستم‌های نظارتی هسته‌ای و ...)
- قوانین ملی مربوط به صنایع خاص؛
- قوانین و موافقت‌نامه‌های بین‌المللی (مانند سازمان بین‌المللی هوانوردی غیرنظامی^۲، پادمان هسته‌ای)



شکل ۷. ساختار سیستم‌های اجتماعی – فنی

مفهوم حوادث سازمانی که توسط پروفیسور جیمز ریزن ارایه شده و مورد پذیرش گسترده در صنایع قرار گرفته است نشان می‌دهد چگونه سازمان‌ها می‌توانند به‌طور موفقیت‌آمیز فعالیت کنند و یا به سمت حادثه سوق یابند. براساس این مدل (شکل ۸) بروز حوادث مستلزم ترکیب تعدادی عوامل مهیاساز است که هرکدام به تنهایی برای نفوذ به لایه‌های دفاعی سیستم لازم است ولی کافی نیست. از آن جایی که سیستم‌های پیچیده‌ای چون صنایع



شکل ۸. مدل عملی حادثه (ریزن، ۱۹۹۵) [۲۸]

1- layers of defenses in depth

2- ICAO: International Civil Aviation Organization

فرآیندهای سازمانی، فرآیندهایی هستند که هر سازمانی کمابیش کنترل مستقیمی روی آن‌ها دارد، مانند تعیین خط‌مشی، طرح‌ریزی، ارتباطات، تخصیص منابع، نظارت و ... بدون تردید تخصیص منابع و ارتباطات، فرآیندهای کلیدی در ایمنی محسوب می‌شوند. هرگونه کاستی و نقص در این فرآیندهای سازمانی، زمینه را برای بروز نقایص از دو مسیر متفاوت فراهم می‌سازد. یکی از این مسیرها، مسیر شرایط نهفته است. طراحی نامناسب تجهیزات و ماشین‌آلات، دستورالعمل‌های ناقص یا ناصحیح و آموزش ناکافی جزء شرایط نهفته به‌شمار می‌رود. به‌طور کلی شرط نهفته به دو گروه تقسیم می‌شود [۲۸]:

- عدم کفایت "شناسایی خطرات و مدیریت ریسک‌ها" به این معنی که ریسک‌های ایمنی کنترل نشده و آزادانه در سیستم در حرکت هستند تا زمانی که توسط آغازگرهای عملیاتی فعال شوند [۲۸].

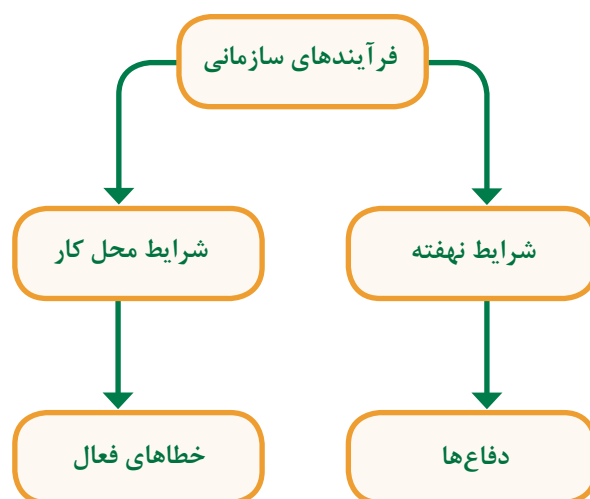
- گروه دوم، معمول شدن انحرافات در بافت‌های عملیاتی و در نتیجه تبدیل استثنائات به قاعده و در نهایت عدم تخصیص درست منابع است. پیامد کمبود منابع آن است که فعالیت‌ها توسط پرسنل عملیاتی که مسوولیت مستقیم فعالیت‌های تولیدی را برعهده دارند با استفاده از میان‌برها و در نتیجه تخلف از قواعد و دستورالعمل‌ها انجام می‌شود [۲۸].

نقص در فرآیندهای سازمانی از مسیر "شرایط محل کار" نیز می‌تواند موجب بروز حوادث شود. شرایط محل کار عواملی هستند که مستقیماً بر کارایی و بهره‌وری افراد اثرگذارند و تمام افراد شاغل بسته به تجربه کاری خویش تحت تأثیر این عوامل قرار می‌گیرند. شرایط محل کار می‌تواند ثبات نیروی کار، صلاحیت‌ها و تجربه لازم، مسایل اخلاقی، اعتبار و قابلیت اعتماد مدیریت و عوامل محیطی در محل کار مانند نور، گرما و سرما را در بر گیرد. شرایط پایین‌تر از حد استاندارد، میزان خطای فعال پرسنل عملیاتی را افزایش می‌دهد [۲۸].

از دیدگاه حوادث سازمانی، از آن جایی که زنجیره‌ای از عوامل، موجب بروز نقایص ایمنی می‌شود، تلاش‌های ایمنی باید بر موارد

نقص تجهیزات یا خطاهای پرسنل عملیاتی نه به‌عنوان علت ریشه‌ای نقص سیستم‌های دفاعی ایمنی، بلکه به‌عنوان آغازگر آن مطرح است. نفوذ در لایه‌های دفاعی، پیامد به تأخیر افتاده تصمیماتی است که توسط مدیران سطح بالای سیستم اتخاذ شده و تا زمانی که توسط مجموعه‌ای از شرایط عملیاتی فعال نشده، اثرات مخرب آن پنهان می‌ماند. در چنین شرایطی است که خطای فعال افراد در سطح عملیاتی به‌عنوان آغازگر و تسهیل‌کننده نفوذ به دفاع‌های ایمنی ذاتی سیستم عمل می‌کند [۲۸]. به عبارت دیگر اقدامات آخرین نفر در توالی یک رویداد می‌تواند بحرانی تلقی شود، حال آن که این فرد (با توجه به مراحل قبلی یک فرآیند سیستماتیک)، تنها به‌عنوان دروازه‌بان عمل کرده و مانع تأثیرگذاری خطاها و نواقص پیشین دیگران (برای مثال طراحی ضعیف، تصمیمات ضعیف، نبود منابع و ...) در مراحل قبل شده است [۱۴]. به اعتقاد ریزن، تمام حوادث ترکیبی از شرایط فعال و نهفته است [۲۸].

رویکرد حوادث سازمانی که توسط جیمز ریزن مطرح شد، با استفاده از بلوک‌های پنج‌گانه در شکل ۹ قابل تشریح است [۲۸].



شکل ۹. حوادث سازمانی [۲۸]

فرهنگ ایمنی

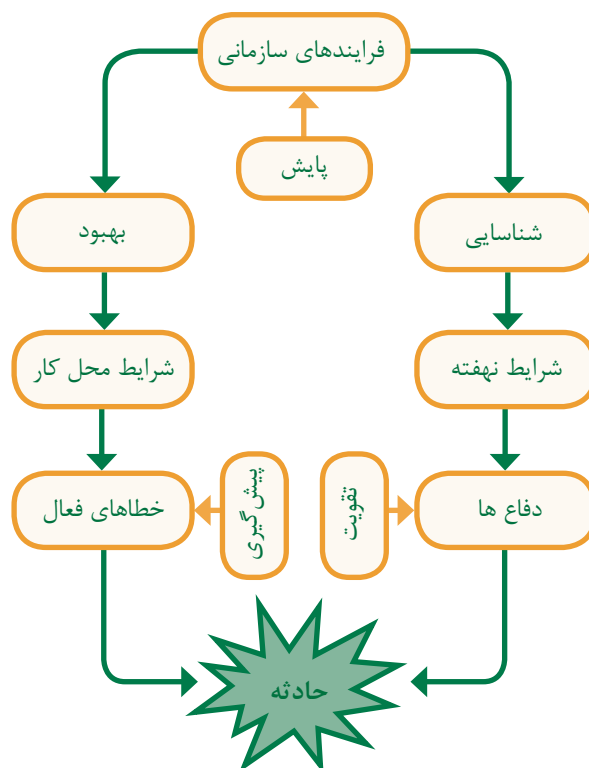
همان‌طور که ذکر شد ممکن است علت یک حادثه به‌جای فعالیتی خاص به فرهنگ ایمنی یک سازمان بازگردد. واژه فرهنگ ایمنی اولین بار در گزارش اولیه آژانس بین‌المللی انرژی اتمی پس از فاجعه چرنوبیل رواج یافت. از آن زمان تاکنون پژوهش‌های انجام شده در باره حوادث بزرگی مانند آتش‌سوزی کینگ کراس، پایپرآلفا و کشتی هرالند نشان‌گر خطاها و نواقصی در ساختارهای تشکیلاتی و سیستم‌های مدیریت ایمنی بوده و اهمیت فرهنگ ایمنی را مضاعف ساخته است. تعریف متداولی از فرهنگ ایمنی که در متون مختلف آمده، عبارت است از [۴۶]:

"فرهنگ ایمنی یک سازمان عبارت است از دست‌آورد ارزش‌ها، نگرش‌ها، ادراکات، صلاحیت‌ها و الگوهای رفتاری فردی و گروهی که تعهد، سبک و مهارت مدیریت سلامت و ایمنی سازمان را تعیین می‌کند. مشخصات سازمان‌هایی که فرهنگ ایمنی مثبت دارند، عبارتند از ارتباط بر مبنای اعتماد متقابل، ادراک مشترک از اهمیت ایمنی و اعتقاد به تأثیر اقدامات پیش‌گیرانه".

به اعتقاد کوپر^۱، 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 بر می‌گیرد و به این نکته اشاره دارد که افراد در باره ایمنی و سیستم‌های مدیریت ایمنی چه احساسی دارند. بعد رفتاری به آن‌چه افراد در سازمان انجام می‌دهند، مرتبط است و شامل فعالیت‌ها، اقدامات و رفتارهای کارکنان است. بعد موقعیتی فرهنگ ایمنی، آن‌چه سازمان دارد را تشریح می‌کند. این بعد در خط‌مشی‌ها، دستورالعمل‌های عملیاتی، سیستم‌های مدیریتی، سیستم‌های کنترل، فرآیندهای اطلاع‌رسانی و نمودارهای فرآیندی در سازمان منعکس می‌شود [۴۶].

زیر متمرکز شود: (شکل ۱۰) [۲۸].

- پایش فرآیندهای سازمانی به‌منظور شناسایی شرایط نهفته و بنابراین تقویت دفاع‌ها؛ شرایط نهفته بالقوه نفوذ به لایه‌های دفاعی سیستم را امکان‌پذیر می‌سازد. به‌طور کلی، لایه‌های دفاعی سه گروه فن‌آوری، آموزش و قوانین و مقررات را در بر می‌گیرد. دفاع‌ها آخرین حلقه شبکه ایمنی برای مقابله با شرایط نهفته مانند پیامدهای لغزش در عملکرد انسان‌ها به‌شمار می‌روند. راهبردهای تعدیل ریسک‌های ایمنی، تقویت دفاع‌های موجود یا ایجاد دفاع‌های جدید را شامل می‌شوند [۲۸].
- بهبود شرایط محل کار به‌منظور پیش‌گیری از بروز خطاهای فعال.



شکل ۱۰. پیش‌گیری از بروز حوادث از دیدگاه حوادث سازمانی [۲۸]

اجزاء کلیدی فرهنگ ایمنی

ریزن در سال ۱۹۹۷ اجزاء کلیدی فرهنگ ایمنی را چنین برشمرد: [۲۷]

- فرهنگ گزارش‌دهی^۱ که در آن، افراد به گزارش‌دهی خطاها و شبه حوادث تمایل دارند.
 - فرهنگ عادلانه یا فرهنگ عاری از سرزنش^۲ که در آن جو اعتماد حاکم است و افراد برای ارائه اطلاعات ایمنی تشویق شده و یا حتی پاداش می‌گیرند ولی درعین حال مرز مشخصی میان رفتارهای قابل قبول و غیر قابل قبول وجود دارد.
 - فرهنگ منعطف^۳ به این معنا که می‌تواند اشکال مختلفی از مدل سلسله مراتبی سنتی تا ساختار افقی حرفه‌ای به خود بگیرد.
 - فرهنگ یادگیری^۴ که در آن آمادگی و صلاحیت نتیجه‌گیری صحیح از سیستم اطلاعات ایمنی و تمایل به اجرای تغییرات عمده (در صورت نیاز) وجود دارد.
- ترکیب این اجزاء، هوشیاری و پاسخ‌گویی یا "فرهنگ آگاهی" را تشکیل می‌دهد (شکل ۱۱) که در آن سیستم مدیریت ایمنی



شکل ۱۱. اجزاء کلیدی فرهنگ ایمنی [۱۸]

اطلاعات به دست آمده از رویدادها، حوادث و شبه حوادث را با اقدامات پیش‌گیرانه و سایر تمهیدات مدیریتی مانند ممیزی‌های ایمنی ترکیب می‌کند [۱۸]. گردانندگان سیستم از دانش به‌روز و کافی از عوامل انسانی، فنی، سازمانی و محیطی که به‌طور کلی ایمنی سیستم را تعیین می‌کند، برخوردارند [۲۷]. تعهد مدیریت، ارتباط باز، محیط عادلانه و مشارکت همه سطوح از ویژگی‌های فرهنگ آگاهی به‌شمار می‌رود [۱۸].

روش‌های بررسی خطای انسانی

به‌طور کلی خطاهای انسانی با استفاده از روش‌های زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد و بدیهی است هریک مزایا و معایبی دارد [۴۴]:

- ۱- شناسایی. جمع‌آوری نمونه و تشریح وقایعی که به‌طور طبیعی روی می‌دهند.
- ۲- بررسی پرسش نامه‌ای. در این پرسش نامه‌ها معمولاً موضوعاتی در مورد انواع خطا ارائه می‌شود و از افراد می‌خواهد به‌طور تقریبی برآورد کنند هر چند وقت یک بار، هر یک از آن‌ها را در یک فاصله زمانی مشخص تجربه کرده‌اند [۴۴].
- ۳- مطالعات آزمایشگاهی. فراخوانی سنجیده برخی انواع ویژه خطا تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاهی، یکی دیگر از روش‌های بررسی مکانیزم‌های اصلی خطاست [۴۴].
- ۴- استفاده از شبیه‌سازها^۵. استفاده از شبیه سازها، پیشرفت مهمی است که در دهه‌های اخیر صورت گرفته است. شبیه‌سازها برای ایجاد بسیاری از شرایط پویای زندگی واقعی و مطالعه امر پیچیده تصمیم‌گیری که امکان آن در مطالعات آزمایشگاهی و ایستا وجود نداشته است، کاربرد دارند.
- ۵- بررسی‌های موردی. مطالعه عمیق یک رویداد، اطلاعات ارزشمندی در مورد شرایط بروز خطاهای منجر به فاجعه، فراهم

1- Reporting Culture
2- Just Culture
3- Flexible Culture

4- Learning Culture
5- Simulators

در بعدازظهر روز ۱۶ مارس ۱۹۸۷ زیبروگ بلژیک را با ۸۰ خدمه و ۴۵۹ مسافر به مقصد دور^۱ در یک مسیر همیشگی ترک کرد. حدود بیست دقیقه پس از عزیمت به دلیل قصور در بستن دریچه‌های تاشو، ورود آب به عرشه شروع شد. کشتی پس از عبور از موج‌شکن داخلی لنگرگاه، سرعت خود را به ۱۵ تا ۲۰ گره افزایش داد و چون ارتفاع امواج زیاد بود، آب با سرعت ۲۰۰ تن در دقیقه از طریق دریچه‌های مزبور وارد کشتی شد و آن‌را وادار کرد به سمت بندر برگردد که در نهایت در نزدیکی ورودی بندر بر روی ساحل ماسه‌ای غلتید. به دلیل سرعت بالای وقوع حادثه، فرصت اندکی برای آمادگی وجود داشت، هیچ اخطار یا هشدار داده نشد و مسافران بایستی با ابتکار خود از کشتی‌ای که نیمه غرق شده بود، فرار می‌کردند. این فاجعه منجر به مرگ ۱۹۲ مسافر شد که بزرگ‌ترین فاجعه در تاریخ چند ده ساله مسافرت دریایی انگلستان بود [۴۴].

بنابر یافته‌های تحقیق، علت مستقیم حادثه، غیبت دستیار کشتی (آقای بوسون) هنگام عزیمت از زیبروگ بود. وی که مسوول اصلی کنترل دریچه‌ها قبل از ترک بندر بود، در زمان عزیمت کشتی در کابین خواب بود. بنابراین نبستا^۲ دریچه‌ها یک خطای انسانی از نوع عدم اقدام^۲ محسوب می‌شد. این مسئله موجب شد هیئت تحقیق در مورد علل حادثه، رویه‌های کاری شرکت، به‌ویژه ساعت کار طولانی و بدون دوره استراحت را مورد مطالعه قرار دهد. از دید گروه تحقیق این موضوع یک علت فرعی (جانبی) محسوب می‌شد. اما مهم‌ترین عامل، فقدان ابزار مکانیکی ترمیم خطا در صورت قصور پرسنل مسوول بستن دریچه‌ها بود؛ به‌علاوه هیچ نشان‌گری پیش‌بینی نشده بود تا ناخدا یا مسوول ارشد دیگر در پل فرماندهی متوجه باز و بسته شدن دریچه‌ها شود، هم‌چنین وضعیت دریچه‌ها از پل فرماندهی قابل رؤیت نبود. در فقدان هرگونه پیش‌بینی ثانوی در مقابل خطا، یک سیستم غیررسمی اما خطرناک پذیرفته شده بود. ناخدا براساس این فرضیه ساده عمل

می‌آورد. چنانچه مدارک و شواهد کافی در مورد شرایط "پیش" و "پس" از یک رویداد خاص وجود داشته باشد، می‌توان تعامل عوامل مختلف علیتی را در مقیاس زمانی، به شیوه‌ای که دست‌یابی به آن با به‌کارگیری سایر روش‌ها دشوار باشد، را مورد بررسی قرار داد. با وجود آن که هر فاجعه از پیوستگی نامناسب چندین زنجیره علی - معلولی مشخص ناشی شده و بنابراین منحصر به فرد است، بررسی ترکیب عوامل مؤثر به‌وجود آورنده، اطلاعاتی در مورد حدود عملکرد انسان (که کسب آن از طریق مشاهدات تجربی یا آزمایشگاهی امکان‌پذیر نیست) ارائه می‌دهد. بدیهی است این روش نیز همانند سایر روش‌ها نقاط ضعفی دارد. گزارش حوادث، منابع اولیه داده‌ها هستند. این گزارش‌ها اغلب به انتساب قصور می‌پردازند و اغلب روش سیستماتیکی برای بررسی حوادث وجود ندارد. بلکه حتی زمانی که توسط پژوهش‌گران مجرب و نسبتاً بدون تعصب تهیه می‌شوند، حاوی اطلاعات کمتری نسبت به اطلاعات بالقوه موجودند [۴۴].

در زیر به برخی حوادث در صنایع مختلف و علل آن به اختصار اشاره شده است. یکی از نکات قابل آموختن از بررسی‌های موردی آن است که حوادث، به‌ندرت محصول (صرفاً) یک اشتباه بزرگ بوده و معمولاً به واسطه سلسله‌ای از خطاهای اغلب جزئی و کم‌اهمیت یک فرد یا تعدادی از افراد، رخ می‌دهند. به‌طور کلی، خطاهای انسانی مؤثر در ایجاد حوادث، به مجموعه‌ای از لغزش‌ها، فراموشی‌ها و اشتباهاتی که همه ما در زندگی روزمره مستعد آن‌ها هستیم، تعلق دارد. ممکن است هر کدام از خطاها، پیامدهای جزئی و کم‌اهمیتی داشته باشند اما با انباشته شدن و ترکیب اثرات آن‌ها، مجموعه یا سیستم به‌طور تغییرناپذیری به سوی پیامدی خطیر و فاجعه‌آمیز حرکت می‌کند [۴۴].

صنعت حمل و نقل دریایی

کشتی مسافربری هرالد که در مسیر بنادر اروپا کار می‌کرد،

گروه تحقیق بیش‌ترین مسوولیت وقوع حادثه را متوجه مدیریت ارشد سازمان (تا سطح هیأت مدیره) دانست. مشکل اساسی، فقدان ارتباط بین مدیریت عملیات به‌ویژه ناخدایان کشتی که دغدغه‌های جدی در مورد ایمنی داشتند و سطح مدیریت بالاتر در ساحل بود. روند ارتباط، یک‌طرفه و از پایین به بالا بود. دغدغه‌های ایمنی ناخدایان بارها در یادداشت‌های بی‌شماری به مدیریت عالی گزارش شده اما همواره نادیده گرفته شده بود. تقاضای بهسازی سیستم ایمنی در بهترین حالت به‌خاطر در بر داشتن بار مالی، غیرضروری تشخیص داده شده و در بدترین حالت به‌عنوان انتقاد از سیستم نادیده گرفته می‌شد. این امر به رویارویی مدیران عملیات (مستقر در کشتی) و مدیران مستقر در ساحل انجامید و بنابراین موضعی تدافعی برای عمل‌نکردن اتخاذ شد. مدیر ارشدی که اقدامی برای رفع مشکل نکرده بود، اعتقاد داشت اگر مسئله بسیار جدی بود، ناخدای ارشد به جای فرستادن یادداشت، شخصاً نزد وی می‌رفت و با مشت بر روی میزش می‌کوبید تا مشکل حل شود [۴۴].

می‌کرد که اگر از دستیار بوسون پیامی دریافت نمی‌کرد، آن را به منزله بسته‌بودن دریچه‌ها تلقی می‌کرد. در نتیجه ناخدا در روز حادثه دستور حرکت کشتی با دریچه‌های باز را صادر کرد [۴۴].



شکل ۱۲. کشتی مسافربری هرال

جدول ۲. تحلیل علل وقوع و انواع خطا در فاجعه کشتی هرال

علت	توضیح	نوع خطا	علت سیستمی
علت مستقیم (بلافصل)	قصور در بستن دریچه‌ها قبل از عزیمت	خطای فعال	- ساعت کار بیش از حد - سیستم غیر قابل قبول مبنی بر فرض بر بسته‌بودن دریچه‌ها در صورت عدم دریافت پیام - فقدان سیستم مهندسی ترمیم خطا - فقدان نشان‌گر وضعیت دریچه‌ها در پل فرماندهی
علل ریشه‌ای	فقدان ارتباط کارآمد میان ناخدایان کشتی و سطوح بالاتر مدیریت در ساحل	خطای مدیریت	نادیده گرفتن تقاضاهای مکرر ناخدایان کشتی برای بهبود سیستم ایمنی توسط مدیریت در ساحل
	عدم درک صحیح مدیران در ساحل از وظایف و مسوولیت‌های خود در مورد ایمنی	خطای فرهنگی	عدم الویت‌بندی برای ایمنی در مقایسه با ملاحظات تجاری از قبیل حفظ درآمد کشتی و ضروری ندانستن هزینه‌های ایمنی
علت فرعی	بی‌ثباتی این نوع کشتی‌ها (رورو ^۱) به دلیل طراحی نامناسب	خطای طراحی	- عدم پذیرش نقص بی‌ثباتی این مدل کشتی‌ها به دلیل ورود چند اینچ آب به عرشه - قصور در اجرای استانداردهای جدید

جمع بندی گروه تحقیق به شرح زیر بود [۴۴]:

هیئت مدیره به مسوولیت خود برای مدیریت ایمن کشتی‌ها به خوبی عمل نکرده است. تمامی مدیران، از اعضای هیئت مدیره گرفته تا سرپرستان رده‌های پایین‌تر، در مسوولیت این قصور سهیم بودند. شرکت از سر تا پا دچار مرض شلختگی شده بود و این نشان دهنده یک آسودگی خاطر و بهت‌آور است.

صنعت هوانوردی

هواپیمای Bae۱۴۶ یک جت مسافری ساخت انگلیس با برد کوتاه تا متوسط بوده و مدل تجاری آن حدود ۱۰۰ مسافر حمل می‌کند. به دلیل صدای کم، کوتاهی مسیر برخاستن و فرود آمدن، مصرف بهینه سوخت و قابلیت اعتماد بالا (در هواپیماهای چهارموتوره)، چهار عدد از این هواپیماها برای استفاده خانواده سلطنتی تجهیز و اپراتوری آن‌ها به عهده اسکادران نیروی هوایی سلطنتی گذارده شد. در یکی از پروازهای آموزشی این هواپیمای در روز ۶ نوامبر ۱۹۹۷، پانزده دقیقه پس از شروع پرواز، عقربه روغن موتورهای شماره ۲، ۳ و ۴ خالی شده و موتور شماره ۱ کمی بیش از یک چهارم را نشان می‌داد. تقریباً بلافاصله پس از روشن شدن چراغ هشدار کمبود فشار روغن موتور شماره ۳، موتور خاموش شد. حالت اضطراری اعلام و خلبان خواستار اجازه فرود در نزدیک‌ترین فرودگاه شد. خدمه پرواز با خاموش کردن موتور شماره ۲ و بلافاصله فشار روغن چراغ‌های دیگر برای موتورهای شماره ۲ و ۴ نیز با روشن و خاموش کردن موتور شماره ۴ واکنش نشان دادند. زمانی که هواپیما در حال فرود اضطراری در فرودگاه با استفاده از قدرت تنها موتور باقی مانده (شماره ۱) بود، چراغ هشدار روغن این موتور نیز کمبود فشار را نشان می‌داد [۴۴].

در نوامبر سال ۱۹۹۷ یک پیمان کار خصوصی، عملیات نگهداری موتورهای این هواپیمای سلطنتی را انجام می‌داد. نگهداری عادی شامل نمونه‌برداری از روغن موتورها برای تحلیل طیف

سنجی بود، دستورالعملی که پس از هر ۵۰ ساعت پرواز انجام می‌شد. این روند همچنین شامل تعویض درپوش‌های مغناطیسی شناسایی تراشه^۱ در تمامی چهار موتور می‌شد. این درپوش‌ها برای شناسایی اجرام فلزی داخل روغن طراحی شده بود که می‌توانست نشانه نقص مکانیکی احتمالی در موتور باشد. این درپوش‌ها به همراه یک واشر O شکل مسدودکننده روغن بین درپوش و محفظه موتور نصب می‌شد که وظیفه آن جلوگیری از نشت روغن در زمان فعالیت موتور بود. درپوش‌های مغناطیسی شناسایی تراشه‌ها معمولاً در بسته‌های خاص به پرسنل نگهداری داده می‌شد که تمامی اجزای مورد نیاز برای تعویض درپوش‌ها از جمله واشر O شکل در آن وجود داشت [۴۴].

عملیات نگهداری این هواپیما در شیفت شب انجام شد و تعداد پرسنل انجام دهنده این کار کم بود. اولین مشکل زمانی پیش آمد که ناظر عملیات نتوانست تکنیسینی برای تعویض درپوش‌های مغناطیسی شناسایی تراشه‌ها پیدا کند. لذا تصمیم گرفت این کار را خودش انجام دهد، کاری که با آن آشنا نبود. وی بلافاصله دریافت بسته مورد نظر، در شیفت روز آماده نشده است و به همین دلیل تصمیم گرفت با لوازم داخل انبار یک بسته برای خود آماده کند. وی هنگام جمع کردن لوازم، واشر O شکل را جمع نکرد. به این ترتیب، عملیات ساده جاگذاری آن‌ها انجام شد اما درپوش‌ها بدون واشر O شکل میان درپوش و محفظه موتور، جاگذاری شد [۴۴].

در شرایط عادی این خطا ممکن بود چنان جدی نباشد زیرا پس از تکمیل نگهداری توسط تکنیسین، یک ناظر، کار را بررسی و پیش از ترخیص هواپیما برای پرواز، آن را امضا می‌کرد. از آن جا که تکنیسین همیشگی در محل حضور نداشت، ناظر از یک تکنیسین دیگر خواست برگه را امضا کند، گویی وی این کار را انجام داده است. سپس ناظر نیز آن را امضا کرد گویی که بررسی کار انجام شده است در حالی که هیچ فرد دومی آن را بررسی

نکرده بود. به این ترتیب، فقدان واشر روغن شناسایی نشد. علل مستقیم، ریشه‌ای و فرعی حادثه در جدول شماره ۳ خلاصه شده است [۴۴].

صنایع فرآیندی

فاجعه کارخانه شیمیایی فلیکسبرو^۱ یکی از بزرگ‌ترین انفجارهایی بود که در انگلستان و در روز اول ژوئن ۱۹۷۴ رخ داد. این فاجعه منجر به مرگ ۲۸ کارگر در محل کارخانه و صدمات گسترده‌ای به تأسیسات واقع در شعاع شش مایلی اطراف کارخانه شد. در دهه شصت میلادی شرکت دولتی معادن هلند^۲ فرآیند جدیدی برای تولید کاپرولاکتام^۳ (مونومری برای تولید نایلون نوع ۶) معرفی کرد. استقبال از فرآورده‌های نایلونی در آن زمان، زمینه را برای تأسیس کارخانه‌ای با ظرفیت تولید سالانه ۲۰۰۰ تن کاپرولاکتام با استفاده از فرآیند تولید آبی فنول در محل فلیکسبرو فراهم آورد. در ۱۹۷۲ کارخانه گسترش یافت تا از

طریق یک فرآیند اقتصادی‌تر ظرفیت تولید سالانه آن به ۷۰۰۰۰ تن در سال افزایش یابد [۴۴]. فرآیند جدید بر اکسیداسیون سیکلوهگزان مبتنی بود. این فرآیند خطرآفرین‌تر از فرآیند قبلی بود چرا که مستلزم بازگردش مقدار زیادی سیکلوهگزان همراه با دمیدن جریانی از هوا به درون آن بود. سیکلوهگزان یک مایع هیدروکربنی فرار و اشتعال‌زا است و در این فرآیند در فشاری بالاتر از نقطه جوش نگهداری می‌شد. این مساله زمینه را برای آزادسازی مقدار زیادی بخار قابل انفجار فراهم می‌آورد و در نهایت منجر به فاجعه فلیکسبرو گردید. عملیات تولید توسط شش راکتور که با لوله‌هایی با قطر ۲۸ اینچ به یکدیگر اتصال داشتند، انجام می‌شد [۹] در مارس ۱۹۷۴ نشت سیکلوهگزان از یک ترک خوردگی عمودی شش فوتی در روکش استیل راکتور شماره ۵ که مؤید نقص در لایه استیل ضد زنگ درونی بود، تشخیص داده شد [۴۴].

جدول ۳. تحلیل کیفی خطای انسانی در حادثه هواپیمای سلطنتی

علت	شرح	نوع خطا	علت سیستمی
علت مستقیم	از دست رفتن روغن تمامی چهار موتور به دلیل قرار نداشتن واشر O شکل میان درپوش‌های مغناطیسی شناسایی تراشه و محفظه موتورها	خطای پنهان	عدم بررسی مستقل کیفیت کار برای اطمینان از عدم رخ دادن خطاهای بازگشتی
علت ریشه‌ای	- عدم پایبندی به دستورالعمل نگهداری - عدم وجود واشر O شکل در بسته - نقض دستورالعمل بررسی (بررسی و امضای تایید توسط فرد دوم) - تکمیل نادرست مستندات کیفیت و در نتیجه عدم تصحیح خطا	تخلف	عدم مدیریت و کنترل کیفیت. ناکامی در نظارت مدیریتی. این دستورالعمل در زمان تکمیل باید توسط فرد دوم، غیر از فرد انجام دهنده، مورد بررسی قرار گرفته و با امضا تایید شود.
علل فرعی	فرد انجام‌دهنده این عمل گرچه ناظر بوده است اما تجربه این عمل را نداشته و لذا امکان خطای بیشتر و توان کمتری در تصحیح خطای خود داشته است.	خطای فعال	وجود مشکل فرهنگی در سازمان. به این معنی که کارکنان تحت فشارند تا با نقض دستورالعمل‌ها، کار به‌موقع انجام شود.
	فرد انجام دهنده عمل، احتمالاً تحت فشار کاری یا اقتصادی بوده و اادار شده دستورالعمل‌های عادی را نادیده گرفته و کار را به‌موقع انجام دهد.	خطای مدیریت	وجود فشارهای کاری و عدم اولویت‌بندی صحیح

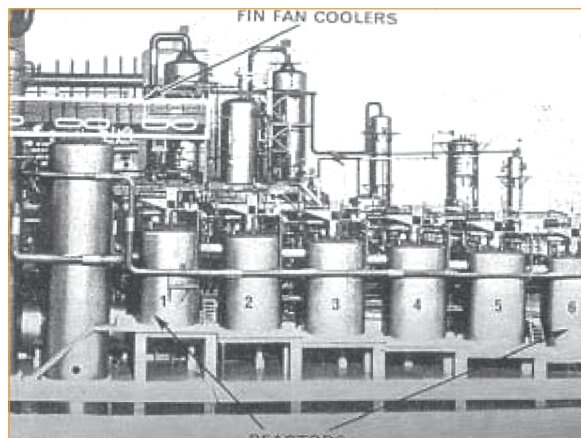
1- Flixborough

2- DSM: Dutch State Mines

3- caprolactam

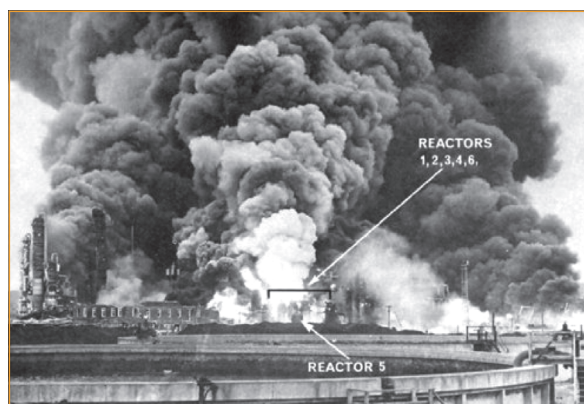
به علت تفاوت در سطوح مقطع ورودی و خروجی لوله‌ها، لوله فرعی به شکل یک پای سگ با بست (اتصال) کلاه مانند در آمد. متأسفانه هنگام اتخاذ تصمیم، مهندس مکانیک ذی‌صلاح برای نظارت بر طراحی و ساخت در محل شرکت حضور نداشت. برای نصب لوله فرعی ابتدا نقشه کار با گچ بر روی زمین محل نصب کشیده و در همان‌جا لوله‌ها بریده و جوش داده شد. برای جلوگیری از فشار زیاد بر لبه‌ها، برای نصب از بست و اتصال استفاده شد. برخلاف استانداردهای انگلستان به‌جز یک تست نشت از طریق هوای فشرده، هیچ‌گونه تست فشار هیدرولیک بر روی لوله انجام نگرفت [۴۴].

کارخانه، اکسیداسیون سیکلوهگزان کار خود را از سرگرفت و به‌جز توقف مقطعی و کوتاه‌مدت تا بعدازظهر شنبه اول ژوئن ۱۹۷۴ به عملیات خود به‌طور عادی ادامه داد. یک روز قبل (روز جمعه) این کارخانه برای تعمیرات جزئی در رابطه با یک نشتی متوقف شده بود. راه‌اندازی کارخانه مستلزم تزریق سیکلوهگزان مایع برای رساندن مایع سیستم به سطح عادی بود تا بعدها با گردش این مایع در سیستم از طریق یک مبدل حرارتی درجه حرارت افزایش یابد. دما از 110°C و فشار ۵٫۸ بار در ساعت ۶ صبح به 155°C و فشار ۸٫۷ بار در ساعت ۱۵ افزایش یافت تا این‌که در ساعت ۱۶:۵۳ انفجاری رخ داد که بعدها قدرت آن (براساس مطالعه یون‌ها) برابر با انفجار ۱۵ تا ۴۵ تن تی‌ان‌تی تشخیص داده شد. پس از انفجار بسیاری از بخش‌های کارخانه دچار حریق شد و کنترل آن ۲۴ ساعت به طول انجامید. صدای انفجار تا شعاع ۳۰ مایلی شنیده شد و تأسیسات مجاور تا فاصله شش مایلی کارخانه آسیب دید و بیست و هشت کارگر کشته شدند. در آن زمان علت اصلی حادثه، انفجار و ترکیبگی در لوله فرعی ۲۰ اینچی بین راکتورهای شماره ۴ و ۶ گزارش شد [۴۴].



شکل ۱۳. وضعیت راکتورها در کارخانه فلیکسپرو [۹]

در حالت عادی راه حل مناسب توقف فرآیند تولید، بررسی دلیل نقص ساختاری و تأثیر احتمالی آن بر دیگر راکتورها بود. از آن‌جایی‌که ظروف، حاوی مقدار زیادی هیدروکربور مایع بود که در نقطه‌ای بالاتر از نقطه جوش نگهداری می‌شد، هرگونه خرابی ناگهانی در یک راکتور، زمینه را برای خروج مقدار زیادی بخار و ذرات مایع قابل اشتعال، فراهم می‌آورد. به‌منظور ادامه عملیات، تصمیم گرفته شد با نصب یک لوله فرعی ۲۰ اینچی، راکتور معیوب (شماره پنج) دور زده شود. این لوله، خروجی راکتور شماره ۴ و ورودی راکتور شماره ۶ را به هم متصل می‌کرد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴. کارخانه فلیکسپرو پس از انفجار [۹]

جدول ۴. تحلیل کیفی خطای انسانی برای حادثه فلیکسبرو [۴۴].

علت	شرح	نوع خطا	علت سیستمی
علت مستقیم	خرابی لوله فرعی ۲۰ اینچی که باعث رهایی مقدار زیادی بخار سیکلوهگزان در هوا گردید.	خطای فعال	از آنجا که گروه تحقیق نتوانست علت قطعی یا بالاترین احتمال را تعیین کند، فشار بیش از حد بر سیستم توسط اپراتور در زمان راهاندازی را علت مستقیم ذکر کرد.
علل ریشه ای	خرابی لوله ۲۰ اینچی یا فشار بیش از حد در زمان راه اندازی	خطای مدیریت	طراحی و حمایت نامناسب از لوله فرعی که به دلیل فقدان تخصص مهندسی مکانیک به شکل نامناسب طراحی شده بود.
	جابجائی مکانیکی لوله فرعی توسط لجن مایع که از راکتور شماره ۴ حمل شده بود	خطای طراحی	قصور طراحان در درک پیامدهای کار نکردن موتورهای دوار راکتور در زمان راهاندازی یا عدم انتقال این مسئله به افراد ذیربط
علل فرعی	عدم درک مدیریت از خطرات فرآیند سیکلوهگزان	خطای مدیریتی	احتمالاً این آگاهی می‌توانست از ساخت مصلحتی لوله فرعی ۲۰ اینچی و خطرات احتمالی رهایی مقدار زیادی بخار نامحصور جلوگیری کند.
	عدم حضور یک مهندس مکانیک ذی‌صلاح در محل سایت	خطای مدیریتی	هرگونه تغییر در یک طرح بایستی با مجوز و کاملاً زیر نظر افراد ذی‌صلاح صورت گیرد.

راهنمای کنترل خطای انسانی

به کارگیری برنامه‌های بازرسی بدنه هواپیما برای ردیابی ترک‌های ناشی از خستگی قبل از آن که به نقطه بحرانی برسد.

ایجاد و برقراری سیستم‌های مدیریت خطا مستلزم درک واقعیت‌های زیر در مورد ماهیت انسان و خطا است [۲۹].

- اعمال افراد تقریباً همیشه توسط عواملی که خارج از کنترل مستقیم وی هستند، محدود می‌شود.
- خطاها علل متفاوتی (فردی، وابسته به فعالیت (وظیفه)، موقعیتی و سازمانی دارند.
- اصلاح‌پذیری موقعیت‌ها بسیار ساده‌تر و امکان‌پذیرتر از اصلاح نیروی کار باتجربه، با قصد و نیت مثبت و ماهر است.

برنامه‌های مدیریت خطا باید اقدامات زیر را شامل شود [۲۹]:

- به حداقل رساندن احتمال وقوع خطا به وسیله افراد یا گروه‌ها؛
- کاهش آسیب‌پذیری وظایف نسبت به خطا؛
- کشف، ارزیابی و حذف عوامل ایجاد کننده خطا (و تخلف)

با درک این مطلب که بشر جایز الخطاست، حذف کلی خطای یک هدف غیرواقعی خواهد بود. بنابراین چالش، نه تنها پیش‌گیری از خطا، که مدیریت آن خواهد بود. به‌طور کلی سه راهبرد برای مدیریت خطا وجود دارد [۳۰]:

- راهبردهای کاهش خطا با مداخله مستقیم در منبع خطا با کاستن یا حذف عوامل به‌وجود آورنده خطا. هدف این راهبردها حذف شرایطی است که می‌تواند ریسک خطا را افزایش دهد. مثال: بهبود نورپردازی در محل کار، آرایه آموزش و کاهش موانع و اختلالات محیطی.
- راهبردهای گرفتن خطا. در این دیدگاه فرض بر آن است که خطا صورت گرفته است. هدف، گرفتن خطاست قبل از آن که پیامدهای منفی آن آشکار شود. مثال: کنترل مجدد یا بازبینی برای تصدیق درستی وظایف انجام شده.
- راهبردهای تحمل خطا. تحمل خطا به توانایی سیستم برای قبول خطاهایی که پیامدهای جدی ندارند، گفته می‌شود. مثال:

در محل کار؛

- شناسایی عوامل سازمانی که می‌توانند شرایط بروز خطا توسط افراد، گروه‌ها، یا محل کار را فراهم سازند؛
- شناسایی و بهبود روال‌ها و شیوه‌هایی که ردیابی و کشف خطا را امکان‌پذیر می‌سازد؛
- به‌کارگیری سیستم‌های متحمل خطا یا ایجاد محیط کاری متحمل خطا؛
- آشکارسازی شرایط نهفته (تا جایی که ممکن است) برای افرادی که با سیستم‌ها کار می‌کنند یا آن‌ها را هدایت می‌کنند؛
- شناسایی و بهبود لایه‌های دفاعی ذاتی سیستم در برابر خطای انسانی.

چه باید کرد؟

توجه به موضوعات مهندسی عوامل انسانی (یا اقدامات مداخله‌ای مهندسی عوامل انسانی) براساس رویکردهای زیر امکان‌پذیر است [۲۹]:

- "عدم اقدام". به معنای توجه به موضوع مهندسی عوامل انسانی صرفاً پس از بروز مشکل.
 - "رویکرد منفعل یا واکنشی" به معنای به‌کارگیری موضوعات مهندسی عوامل انسانی در آخرین مرحله فرآیند توسعه سیستم‌ها.
 - "رویکرد پیش‌گیرانه یا فعال" به معنای پرداختن به موضوعات مهندسی عوامل انسانی قبل از آن که به مشکل تبدیل شود.
- با توجه به این که در بسیاری از سازمان‌ها (در صنایع مختلف) سیستم‌های مدیریت ایمنی یا سلامت، ایمنی و محیط زیست^۱ استقرار یافته است، بهترین راه برای انتخاب و اجرای رویکرد پیش‌گیرانه، تلفیق الزامات مهندسی عوامل انسانی در سیستم‌های مدیریت ایمنی موجود است. در برخی از صنایع مانند هوانوردی، مستندات و راهنماهای استقرار سیستم‌های مدیریت ایمنی به موضوع مهندسی عوامل انسانی پرداخته است. استانداردهای

مورد استفاده در سایر صنایع مانند صنایع فرآیندی تنها به برخی موضوعات پرداخته و عملاً جای خالی موضوعات مهندسی عوامل انسانی در سیستم‌های مدیریت ایمنی این صنایع، به وضوح احساس می‌شود [۵].

هریک از صنایع براساس الزامات قانونی خاص خود، تعریف مشخصی از سیستم مدیریت ایمنی و دامنه فعالیت آن ارائه می‌دهد. به‌عنوان مثال در **صنعت هسته‌ای**، سیستم مدیریت ایمنی شامل اقدامات طرح‌ریزی شده‌ای است که برای مدیریت ایمنی و به‌منظور ترویج فرهنگ ایمنی و دستیابی به عملکرد خوب ایمنی توسط سازمان در نظر گرفته می‌شود [۳۲]. در **صنعت حمل‌ونقل ریلی**، سیستم مدیریت ایمنی عبارت است از ساختار، روش‌ها و اقدامات طرح‌ریزی شده توسط اپراتور حمل‌ونقل به‌منظور اطمینان از مدیریت ایمن عملیات [۴۲]. در **صنعت هوانوردی**، سیستم مدیریت ایمنی یک ابزار مدیریتی برای مدیریت ایمنی در سازمان است [۲۸].

اگر چه تعریف یکسانی برای سیستم مدیریت ایمنی در صنعت وجود ندارد ولی همگی دارای عناصر مشترکی هستند. این عناصر عبارتند از [۳۵]:

- خط‌مشی ایمنی که بیانیه روشنی از دیدگاه، نگرش و اهداف سازمان نسبت به ایمنی در رابطه با سایر فرآیندهای کسب و کار ارائه می‌دهد.
- سازمان‌دهی که به معنای ایجاد ساختار و تمهیدات مدیریتی اثربخش برای استقرار خط‌مشی و اجرای فرآیندهای ایمنی است.
- طرح‌ریزی که رویکردی برنامه‌ریزی شده و سیستماتیک است و هدف آن به حداقل رساندن ریسک‌ها از طریق ایجاد استانداردها و فرآیندهای ایمنی، ارزیابی ریسک و تعدیل آن است.
- سنجش و اندازه‌گیری عملکرد ایمنی براساس استانداردهای توافق شده به‌منظور پایش عملکرد ایمنی در گذشته و حال.
- بازنگری عملکرد ایمنی برای اطمینان از دستیابی به اهداف

[۳۵]. امروزه دلایل و منافع زیادی برای تلفیق اصول مهندسی عوامل انسانی در سیستم‌های مدیریت ایمنی موجود در سازمان‌ها برشمرده شده است. به‌طور کلی مهندسی عوامل انسانی در عناصر زیر از سیستم مدیریت ایمنی قابل تلفیق است. [۱۲]

- مدیریت ریسک
- مدیریت تغییر
- طراحی و خرید سیستم‌ها، تجهیزات و ماشین‌آلات
- طراحی وظیفه و شغل
- انتخاب و آموزش پرسنلی که از نظر ایمنی، وظایف بحرانی برعهده دارند
- گزارش‌دهی ایمنی و تحلیل اطلاعات ایمنی
- تحقیق و بررسی حوادث

مدیریت ریسک

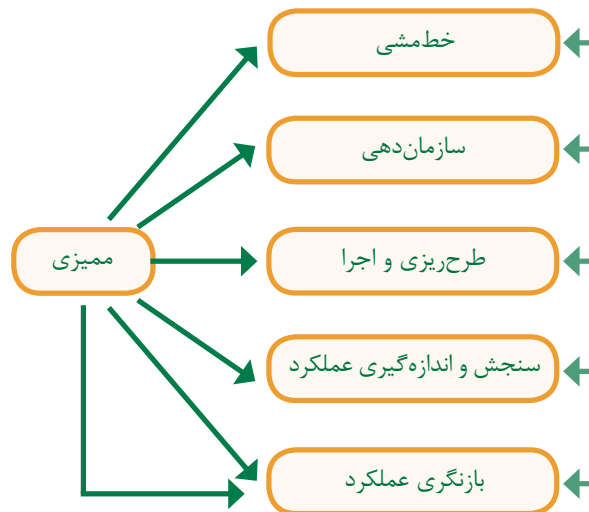
مدیریت ریسک عوامل انسانی، امکان شناسایی نقاط آسیب‌پذیر سیستم به واسطه محدودیت‌های انسان را میسر می‌سازد.

در این فرآیند، خطاهای انسانی بالقوه و منابع آن، شناسایی و مدیریت می‌شود [۱۲]. یکی از روش‌های مهندسی عوامل انسانی که برای ارتقاء ایمنی سیستم‌ها از آن استفاده می‌شود، تحلیل قابلیت اعتماد انسانی^۱ است [۱۳]. از این روش در ارزیابی ایمنی سیستم‌ها در برخی صنایع مانند صنایع هسته‌ای^۲، حمل‌ونقل ریلی^۳ و دفاعی^۴ استفاده شده است [۳۵].

ارزیابی قابلیت اعتماد انسانی براساس روش‌های کمی یا کیفی و براساس مدل‌های مختلف^۵ صورت می‌گیرد. منظور از **ارزیابی کیفی**، تحلیل شرایط محیطی کنونی (براساس مدل SHL) برای درک انواع خطاهای محتمل و عوامل زمینه‌ساز بروز این خطاهاست. این تحلیل، مطالعه مقررات و ضوابط مربوط به

ایمنی و براساس داده‌های به‌دست‌آمده از پایش و ممیزی‌ها.

- حلقه بازخورد برای بهبود عملکرد ایمنی به‌منظور اطمینان از درس‌آموزی و ایجاد تغییرات لازم در صورت نیاز.



شکل ۱۵. عناصر مشترک سیستم‌های مدیریت ایمنی

سیستم مدیریت ایمنی، دو جنبه "ساختاری" و "عملیاتی" دارد. منظور از بعد ساختاری، ابزارهایی (خط‌مشی‌ها، دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی، بانک‌های اطلاعاتی و راهنماها) است که سازمان برای مدیریت ایمنی به کار می‌گیرد. بعد عملیاتی به فعالیت‌هایی که کارکنان برای اجرای سیستم مدیریت ایمنی انجام می‌دهند، اشاره دارد. ابعاد "ساختاری" و "عملیاتی" به یکدیگر وابسته‌اند و به‌این‌ترتیب عملکرد سازمان در مدیریت ایمنی را تحت تأثیر قرار می‌دهند [۸].

در نظر گرفتن ملاحظات مهندسی عوامل انسانی در ایمنی سیستم‌ها و همچنین در پیش‌گیری از قرار گرفتن سیستم‌ها در شرایط بالقوه آسیب‌رسان کمابیش مورد توجه بوده است

۱- HRA : Human Reliability Analysis

۲- Kirwan et al (1996)

۳- Hickling et al (2005)

۴- Kennedy et al (2007)

۵- بحث در مورد روش‌ها و مدل‌های ارزیابی قابلیت اعتماد انسانی خارج از مجال این مقاله است.

مدیریت تغییر

تغییر می‌تواند موجب ایجاد موضوعات جدید در زمینه مهندسی عوامل انسانی و یا تشدید مسایل موجود شود. به‌عنوان مثال تغییر در ماشین‌آلات، تجهیزات، فناوری، دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی، ساختار سازمانی و یا فرآیندهای سازمانی می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد افراد داشته باشد. این تأثیر باید در فرآیند مدیریت تغییر اندازه‌گیری شده و کلیه فعالیت‌هایی که برای مدیریت این موضوعات انجام می‌شود در طرح مدیریت تغییر گنجانده شود [۱۲].

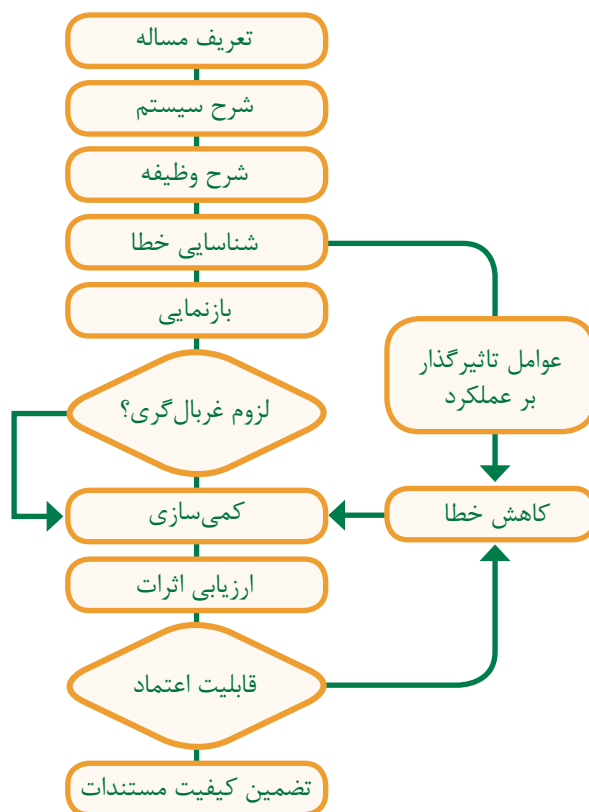
طراحی و خرید

طراحی و در نتیجه تغییر تعامل انسان و ماشین مانند صفحات نمایش یا کنترل، سیستم‌های هشدار و علائم و سیستم‌های خودکار می‌تواند ریسک‌هایی از دیدگاه مهندسی عوامل انسانی در بر داشته باشد. تلفیق اصول مهندسی عوامل انسانی و کارآمدی^۱ در اولین مراحل طراحی، تغییر و خرید مؤثرترین راه برای تعدیل ریسک‌های مربوطه است. طراحی سیستم‌هایی که ایمنی در آن‌ها اهمیت دارد باید با در نظر گرفتن محدودیت‌ها و توانایی‌های انسان‌ها از نظر فیزیکی و شناختی و تناسب با انجام وظیفه انجام شود. قبل از شروع کار با سیستم‌هایی که به تازگی طراحی، خریداری و یا اصلاح شده، باید آموزش‌های لازم به اپراتورها داده شود [۱۲]. مطالعات انجام شده در صنایع تولید نرم افزار و کنترل ترافیک هوایی نشان می‌دهد، سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در زمینه طراحی کاربر محور^۲ نسبت به تکمیل و اصلاح طراحی صد درصد سود داشته است [۱۹].

طراحی وظیفه و شغل

طراحی مناسب وظیفه، شغل و محل کار می‌تواند عملکرد افراد را بهبود بخشیده و پتانسیل خطای انسانی را کاهش دهد. در

عملیات، دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی، داده‌ها و اطلاعات در دسترس، مشاهده مستقیم محل کار و مصاحبه با کارکنان را در بر می‌گیرد. هدف از این کار، شناسایی منابع عمده ریسک‌ها و قابلیت اعتماد انسانی (با و یا بدون سیستم‌های جدید) و درک عوامل شکل‌دهنده رفتار در محیط کنونی و عواملی است که کمک می‌کند خطاها برطرف شده و ترمیم شوند. هدف از ارزیابی کمی (علاوه بر موارد فوق)، برآورد احتمال وقوع چنین خطاهایی است. نتایج ارزیابی کمی قابلیت اعتماد انسانی در روش‌های ارزیابی کمی، ریسک کاربرد دارد. البته باید توجه داشت که با توجه به کمبود اطلاعات در زمینه عوامل تأثیرگذار بر عملکرد، کمی‌سازی خطاهای انسانی مشکل به‌نظر می‌رسد [۲۴].



شکل ۱۶. فرآیند ارزیابی قابلیت اعتماد انسانی

طراحی شغل و وظیفه باید از تناسب وظایف و فعالیت‌ها با توانایی‌ها و محدودیت‌ها و نیازهای فردی و گروهی اطمینان حاصل شود. به‌عنوان مثال فشار زمانی، پیچیدگی تکلیف، میزان اتکاء به حافظه، خستگی جسمانی و روانی، اثرات منفی بر عملکرد افراد دارند [۱۲].

انتخاب و آموزش افراد

به‌منظور افزایش تناسب وظیفه با شخص، تلفیق اصول مهندسی عوامل انسانی در انتخاب و آموزش، باید اقدامات پیش‌گیرانه انجام شود. به این منظور بایستی کفایت اثربخشی آموزش و صلاحیت افراد برای انجام فعالیت‌هایی که تأثیر مستقیم بر ایمنی دارد، تصدیق شود. [۱۲] به‌علاوه آموزش اصول مهندسی عوامل انسانی و مهارت‌های غیرفنی باید در برنامه‌های آموزشی گنجانده شود. به‌عنوان مثال آموزش‌های غیرفنی که توسط آژانس‌های مختلف در صنعت هوانوردی قابل ارایه است در جدول ۴ خلاصه شده است [۱۳].

در پاسخ به تعداد حوادث منجر به فوت هواپیماها در دهه ۱۹۷۰، با همکاری صنعت هوانوردی و علوم انسانی برنامه‌هایی برای درک بهتر ابعاد عملکرد انسان در صنعت هوانوردی آغاز شد. در دهه ۱۹۸۰ به منظور ارتقاء آگاهی از مهارت‌های غیرفنی، دوره‌های آموزشی توسط خطوط هوایی، سازمان‌های هوانوردی نظامی و قانون‌گذاران حمل‌ونقل هوایی برگزار شد. در حال حاضر دوره‌های آموزشی پیشنهادی توسط آژانس‌های هوانوردی به شرح جدول ۵ است [۱۳]. از سوی دیگر براساس ضمایم ۱ و ۶ ایکائو، آموزش اصول پایه مهندسی عوامل انسانی برای دریافت گواهی‌نامه الزامی است.

سیستم گزارش‌دهی

مهم‌ترین هدف سیستم جمع‌آوری و تحلیل داده‌های ایمنی،

شناسایی و درک وقایع، خطرات، روندهای ایمنی و عوامل مهیاساز برای انجام اقدامات اصلاحی است. از دیدگاه مهندسی عوامل انسانی، رفتار افراد یا گروه‌هایی که در بروز رویدادها و شبه حوادث نقش دارند، با آن‌چه هنگام بروز حادثه رخ می‌دهد، تفاوتی ندارد و معمولاً شامل نقایص شناختی، مشکلات تصمیم‌گیری، نقص در برقراری ارتباط مناسب و حواس‌پرتی است. در برخی صنایع، سیستم‌های گزارش‌دهی، به‌طور محرمانه فعال شده است. به‌عنوان مثال در انگلستان سیستم گزارش‌دهی محرمانه^۱ برای خلبانان هواپیماهای مسافری و کنترل‌کنندگان ترافیک هوایی از سال ۱۹۸۲ فعال بوده و سیستم گزارش حوادث سازمانی هواپیمایی غیرنظامی را تکمیل می‌کند. اطلاعات دریافت شده در اختیار افراد مسوول قرار می‌گیرد تا مشکلات را تصحیح کنند اما این مسئله تنها با تایید فرد گزارش دهنده خطا انجام می‌شود و تضمین می‌شود گزارش‌دهنده شناسایی نشود [۴۴].

مشاوره برای ایجاد چنین سیستمی در صنعت دریانوردی نیز از سال ۲۰۰۳ آغاز شده است. از سال ۲۰۰۰ وجود سیستم گزارش‌دهی محرمانه برای تمامی شرکت‌های راه‌آهن انگلستان اجباری شده است. این سیستم به کارکنان این امکان را می‌دهد تا خطای خود و دیگران یا نگرانی‌های ایمنی را گزارش داده و نگران اقدامات تنبیهی ناشی از آن نباشند. این سیستم‌ها تنها برای گزارش خطاهای انسانی به کار نمی‌روند بلکه محملی برای انتقال هرگونه نگرانی ایمنی، اعمال خطرناک و موقعیت‌ها و اتفاقاتی هستند که به شکلی ممکن است مورد توجه مدیریت قرار گیرد. این سیستم در واقع جایی میان "فرهنگ مقصریابی" و "فرهنگ باز" قرار دارد. گرچه ممکن است فرهنگ دوم بهتر باشد اما اجرای آن در عمل دشوار است زیرا نیازمند تغییری مبنایی در فرهنگ شرکت است. چنین تغییراتی مستلزم تعهد مدیران ارشد است و ایجاد آن ممکن است چندین دهه به طول انجامد [۴۴]. در سیستم‌های گزارش‌دهی، طبقه‌بندی خطاهای انسانی اپراتورها

جدول ۵. دوره‌های آموزشی پیشنهادی توسط آژانس‌های مختلف هوانوردی [۱۳]

FAA (2004)	Australian Aviation Operator (2005)	JAA (2006)
• فرآیندهای ارتباطی و رفتار تصمیم‌گیری • ایمنی و امنیت • خود ارزیابی (تصمیمات، اقدامات) • حل تعارض • ارتباط و تصمیم‌گیری • ساختن و نگهداری تیم • رهبری، دنباله‌روی و اعتماد به نفس برای انجام وظیفه • ارتباطات بین فردی، فضای گروهی • مدیریت بار کاری و آگاهی از موقعیت^۱ • عوامل فردی، کاهش استرس	• رفتار انسان • محدودیت‌های عملکرد انسان • ارتباط • مدیریت تهدیدها و خطاها • رهبری، دنباله‌روی • همکاری گروهی • آگاهی از موقعیت • قضاوت و تصمیم‌گیری • مدیریت استرس • مدیریت خستگی • مدیریت بار کاری و اتوماسیون • تحلیل و طرح‌ریزی مأموریت • فرهنگ سازمانی و فرهنگ ایمنی	• خطای انسانی، قابلیت اعتماد انسانی، زنجیره خطا، پیش‌گیری از خطا و ردیابی خطا • فرهنگ ایمنی سازمان، دستورالعمل‌های عملیاتی استاندارد، عوامل سازمانی، • استرس و مدیریت استرس، خستگی و توجه • جستجوی اطلاعات و پردازش آن، آگاهی از موقعیت، مدیریت بار کاری • تصمیم‌گیری • ارتباط و همکاری در داخل و خارج از کابین • رهبری و رفتار گروهی • اتوماسیون (برای انواع هواپیماها) • نمونه‌های موردی

صورت گیرد. بنابراین آموزش افراد گروه‌های تحقیق در مورد اصول مهندسی عوامل انسانی و مدل‌های مورد استفاده الزامی به نظر می‌رسد [۱۲].

و عوامل مهیاساز حوادث و رویدادها باید براساس مدل یا چارچوب مورد استفاده در تحقیق و بررسی در سیستم مدیریت ایمنی باشد [۱۲].

◀ هزینه انجام اقدامات مداخله‌ای مهندسی عوامل انسانی

ممکن است این سوال پیش آید که هزینه انجام اقدامات مداخله‌ای مهندسی عوامل انسانی و ارتقاء سیستم‌های مدیریتی موجود چقدر است؟ سناریوی هزینه‌های مترتب براساس رویکردهای ذکر شده در شکل ۱۷ آمده است.

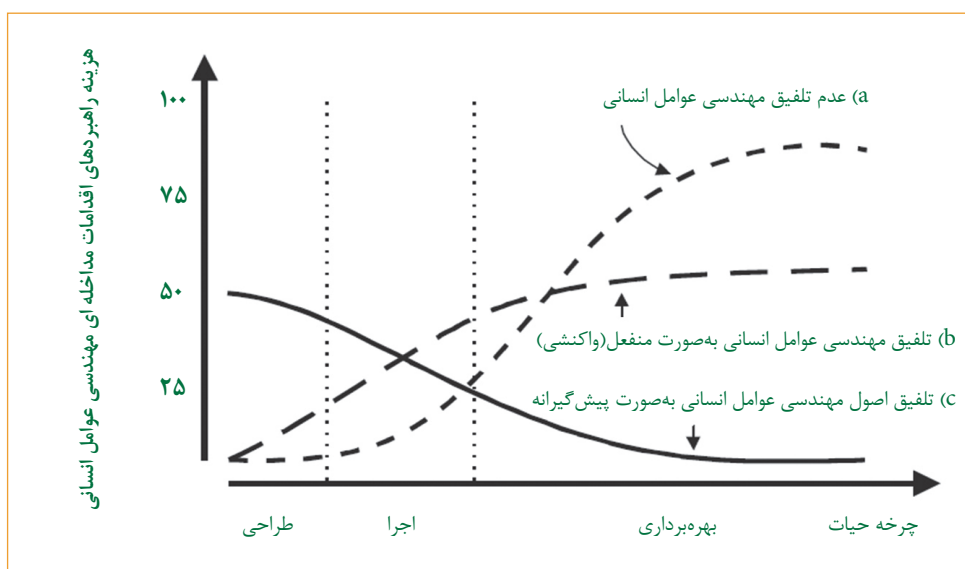
همان‌گونه که در شکل مشخص است در رویکرد اول (عدم اقدام) هزینه موضوعات مربوط به عملکرد انسان‌ها در طول چرخه حیات سیستم افزایش می‌یابد. در رویکرد دوم نیز هزینه‌ها با افزایش عمر سیستم البته با شیب کمتری افزایش دارد. در رویکرد سوم (پیش‌گیرانه) اصولاً شیب نمودار متفاوت است. گرچه سرمایه‌گذاری بر موضوعات مهندسی عوامل انسانی در اولین مراحل هزینه در بر

تحقیق و بررسی

شناسایی خطای انسانی نقطه آغاز بررسی در مورد علل بروز حادثه است. به عبارت دیگر باید توضیحی در مورد خطای انسانی وجود داشته باشد. تنها با درک بافتی که در آن خطا به وجود آمده، می‌توان وقوع مجدد آن را محدود کرد [۲۹]. در فرآیند تحقیق و بررسی باید عوامل انسانی مشارکت کننده در رویدادها و حوادث کاملاً مشخص شود. انجام این کار، درس‌آموزی از شبه حوادث به منظور حفاظت در برابر پیامدهای حوادث ناشی از عدم انطباق محدودیت‌های انسان در طراحی و عملیات سیستم‌ها را میسر می‌سازد. جزء مهندسی عوامل انسانی در فرآیند تحقیق و بررسی نیز باید براساس مدل یا چارچوب بررسی سیستمی حوادث سازمانی (در سطح فردی و گروهی) مانند مدل ریزن

1- situation awareness

دارد ولی از پرداخت هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم حوادث و رویدادهای بعدی کمتر است [۲۹].



شکل ۱۷. هزینه راهبردهای اقدامات مداخله ای مهندسی عوامل انسانی

منابع:

1. Anderson, T. (1999). Human Reliability and Railway Safety, Proceedings of the 16th European Safety, Reliability, and Data Association (ESREDA) Seminar on Safety and Reliability in Transport, 1999, pp. 1–12.
2. Boal K. and Meckler M. (2010). Decision Errors of the 4th, 5th, and 6th Kind, In In Nutt P. C. and Wilson C. (2010). Handbook of Decision Making, P: 327-348, John Wiley & Sons, Ltd.
3. Boeing Commercial Airplanes (2008). Flight Interruption Cost Estimates, Boeing Minute, 17 November 2008.
4. Bove T. (2002). Development and Validation of a Human Error Management Taxonomy in Air Traffic Control, Risø-R-1378 (EN), Risø National Laboratory, Roskilde.
5. Bridges W. & Tew R. (2010). Human Factors Elements Missing from Process Safety Management (PSM), Prepared for Presentation at 6th Global Congress on Process Safety and the 44th Annual Loss Prevention Symposium, San Antonio, Texas, March 22-24, 2010.
6. Brown A. (2004). An Overview of Human Error, Presented in recovery oriented computing seminar.
7. Bryant, D.T. (1991). The Human Element in Shipping Casualties, Report prepared for the Dept. of Transport, Marine Directorate, Dept. of Transport, London, U.K.
8. Cambon, J., Guarnieri, F. and Groeneweg, J. (2005). Towards a new tool for measuring Safety Management Systems Performance. 2nd Symposium on Resilience Engineering, Antibes, France.
9. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers (2005). Building Process Safety Culture: Tools to Enhance Process Safety Performance, Flixborough Case History.
10. Ciavarella, T., Figlock, R. (1997). Organizational Factors in Naval Aviation Accidents, Proceedings of the Center for Risk Mitigation, 1997, pp. 36–46.
11. Civil Aviation Safety Authority (2009). Human Factors (HF) and Non-Technical Skills (NTS) Training for Regular Public Transport (RPT) Operations, CAAP SMS-3(0).
12. Civil Aviation Safety Authority (2009). Integration of Human Factors (HF) into Safety Management Systems (SMS), CAAP SMS – 2(0).
13. Civil Aviation Safety Authority (2011). Non-Technical Skills Training and Assessment for Regular Public Transport Operations, CAAP SMS-3(1).
14. Crowl D. & et. al. (2007). Human Factors Methods for

- Improving Performance in the Process Industries, American Institute of Chemical Engineers.
15. Doerner, D. (1996). The Logic of Failure: Why things go wrong and what we can do to make them right, Metropolitan Books (Henry Holt), New York.
 16. Gregory D. & Shanahan P. (2010). The Human Element: A Guide to Human Behaviour in the Shipping Industry, The Stationery Office (TSO) Publication.
 17. Driving Related Facts and Figures, U.K., July, 2006. Available online at www.driveandsurvive.ca.uk/cont5.htm.
 18. Eurocontrol / FAA (2008). Safety Culture in Air Traffic Management: A White Paper, Eurocontrol / FAA Action Plan 15 on Safety.
 19. Eurocontrol (1999) Human Factors Module A Business Case for Human Factors Investment Report No. HUM. ET1. ST13.4000-REP-02.
 20. Hall, S. (1997). Railway Accidents, Ian Allan Publishing, Shepperton, U.K.
 21. Hall, J., Keynote Address, The American Trucking Associations Foundation Conference on Highway Accidents Litigation, September 1998. Available from the National Transportation Safety Board, Washington, D.C.
 22. Hee, D.D., Pickrell, B.D., Bea, R.G., Roberts, K.H., Williamson, R.B. (1999). Safety Management Assessment System (SMAS): A Process for Identifying and Evaluating Human and Organization Factors in Marine System Operations with Filed Test Results, Reliability Engineering and System Safety, Vol. 65, 1999, pp. 125-140.
 23. Helmreich, R.L. (1997). Managing Human Error in Aviation, Scientific American, May 1997, pp. 62-67.
 24. HSE (Year unknown). Core topic 3: Identifying human failures.
 25. HSE (year unknown). Introducing Human Factors, HSE Human Factors Briefing Note No. 1.
 26. Hobbs A. (2008). An Overview of Human factors in Aviation Maintenance, Australian Transport Safety Bureau, AR-2008-055.
 27. Hudson p. (2000). Safety Culture – Theory and Practice, Centre for Safety Science, Universiteit Leiden.
 28. International Civil Aviation Organization (ICAO) (2009). Safety Management Manual, Doc. Doc 9859, AN/474.
 29. International Civil Aviation Organization (ICAO) (2003). Human Factors Guidelines for Aircraft Maintenance, Doc 9824, AN/450.
 30. International Civil Aviation Organization (ICAO) (2005). ICAO Accident Prevention Programme.
 31. International Civil Aviation Organization (ICAO) (2002). Human Factors Guidelines for Safety Audits Manual, Doc. 9806, AN/763.
 32. International Nuclear Safety Advisory Group (1999). Management of Operational Safety in Nuclear Power Plants. International Atomic Energy Agency, INSAG-13.18
 33. Klein, S. (1991) " Learning : Principles and applications", second edition, Mc Graw Hill, New York.
 34. Kohn L. T., Corrigan J. M., and Donaldson M. S. (2000). To Err Is Human: Building a Safer Health System, National Academy Press, Washington, D.C.
 35. Lowe C, (2008). A Human Factors Perspective on Safety Management Systems, United Kingdom.
 36. Meshkati N. (1991). Critical Human and organizational Factors Consideration in Design and Operation of petrochemical plants, A paper presented at the first international conference on health, safety and environment in oil and gas exploration and production, 11-14 November, The Hague, Netherlands.
 37. Moment, S. L. (2008). A Compact Introduction to Human Error, University of Illinois Human Factors Division Proceedings, Retrieved from <http://www.humanfactors.illinois.edu/research/HumanElementArticles>.
 38. Nutt P. C. (2010). Building a Decision-making Action Theory, In Nutt P. C. and Wilson C. (2010). Handbook of Decision Making, P: 155-196, John Wiley & Sons, Ltd.
 39. Odero, W., Road Traffic Injury Research in Africa: Context and Priorities, Presented at the Global Forum for Health Research Conference (Forum 8), November 2004. Available from the School of Public Health, Moi University, Eldoret, Kenya.
 40. OGP (2005). Human Factors a means of improving HSE Performance.
 41. Railway Board, Ministry of Railways, Government of India (2003). White Paper on Safety on Indian Railways, New Delhi.
 42. The Stationery Office (2006). The Railways and Other Guided Transport Systems (Safety) Regulations 2006, ISBN 0110743075.
 43. Turner B. & Pidgeon N. (1994). Man-Made Disasters, 2nd Edition, Butterworth-Heinemann, Oxford.
 44. Whittingham R. B. (2004). The Blame Machine: Why Human Error Causes Accidents, UK: Elsevier Butterworth – Heinemann.
 ۴۵. دژبان خان، فریبا (۱۳۸۱)، بررسی عوامل مؤثر بر فرآیند تصمیم گیری اپراتورهای در نیروگاه های هسته ای، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه الزهراء، تهران.
 ۴۶. دژبان خان، فریبا (۱۳۸۶)، مدیریت موفق سلامت، ایمنی و محیط زیست، انتشارات زبان دانشجو، تهران.
 ۴۷. سپانلو، کامران (۱۳۷۷) به کار گیری ویژگیهای تحمل خطا در طراحی اتاق کنترل نیروگاه های هسته ای ، پایان نامه دکترا ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران.

گروه بین‌المللی ره‌شهر تا کنون ۱۳۵ نشریه با عناوین زیر منتشر کرده

است:

- ۱- کاربرد جدید شیشه در نمای ساختمان (تابستان ۱۳۷۱)
- ۲- پارکینگ مراکز تجاری (پائیز ۱۳۷۱)
- ۳- محافظت در مقابل زلزله (زمستان ۱۳۷۱)
- ۴- جمع آوری و دفع زباله و مسائل ناشی از آن (زمستان ۱۳۷۱)
- ۵- طرح اسکان و سریع (زمستان ۱۳۷۱)
- ۶- مجموعه مقالات راجع به ژئوسنتز (بهار ۱۳۷۲)
- ۷- مهار آب با آب (بهار ۱۳۷۲)
- ۸- تحول سبز در معماری (بهار ۱۳۷۲)
- ۹- رونمایی و مدیریت سیلاب (بهار ۱۳۷۲)
- ۱۰- مطالعات اقتصادی جهت احداث مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۹)
- ۱۱- نگاهی کوتاه بر طراحی فضای سبز - «تجربیات کشورهای مختلف» (تابستان ۱۳۷۲)
- ۱۲- بازیافت آب در صنایع شن و ماسه‌شویی (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۳- بناهای چوبی (کنده‌ای) در ایران و تجربیات کشورهای دیگر (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۴- نکاتی در مورد طراحی ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته پیش‌تنیده در مناطق زلزله‌خیز (پائیز ۱۳۷۲)
- ۱۵- اتوماسیون و بهینه‌سازی در سیستم‌های توزیع الکتریکی (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۶- انرژی دریاها (زمستان ۱۳۷۲)
- ۱۷- پارکینگ‌های مکانیکی اتوماتیک و نیمه اتوماتیک (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۸- انرژی باد (بهار ۱۳۷۳)
- ۱۹- اصول طراحی ساختمان‌های اداری و بانک‌ها (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۰- انرژی خورشیدی (بهار ۱۳۷۳)
- ۲۱- طراحی مرکز خرید- جلد اول: مطالعات مقدماتی جهت طراحی مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۲- شهر سالم با آمورتون (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۳- شهر سالم - کاربرد سیستم‌های فتوولتائیک از میلی وات تا مگاوات (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۴- شهر سالم- اصول طراحی برای افراد دارای کهلوت، ناتوانی، اختلال و معلولیت (تابستان ۱۳۷۳)
- ۲۵- نسل چهارم نیروگاه‌ها (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۶- بازیافت آب در صنایع نساجی (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۷- مراکز درمانی و بیمارستان‌های آینده (پائیز ۱۳۷۳)
- ۲۸- شهر سالم- انبوه‌سازی (انبوه‌سازان اسکان) (زمستان ۱۳۷۳)
- ۲۹- سیستم‌های مدیریت بار و مدیریت انرژی در شبکه‌های انرژی الکتریکی (زمستان ۱۳۷۳)
- ۳۰- بازیافت آب - «تصفیه پساب صنایع لبنی» (بهار ۱۳۷۴)

- ۳۱- شهر سالم - صنعت چوب و کاغذ و نقش آن در فرهنگ، اقتصاد و سیاست (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۲- صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌های مسکونی (بهار ۱۳۷۴)
- ۳۳- شهر سالم- معماری و پرورش فکری کودکان و نوجوانان (تابستان ۱۳۷۴)
- ۳۴- شهر سالم- بازیافت زباله و مصالح ساختمانی و نقش آن در حفظ خاک و پاکسازی محیط (پائیز ۱۳۷۴)
- ۳۵- شهر ما کجاست (زمستان ۱۳۷۴)
- ۳۶- حفاظت سواحل دریا و رودخانه‌ها- معرفی روش‌های سنتی و پیشرفته (زمستان ۱۳۷۵)
- ۳۷- بهینه‌سازی آموزش عالی - نگاهی کوتاه بر کارکرد نظام آموزشی ایران و جهان (زمستان ۱۳۷۵)
- ۳۸- استفاده از ژئوگرید در راه‌ها و باند فرودگاه‌ها (بهار ۱۳۷۶)
- ۳۹- اقتصاد گردشگری (جلد اول) (زمستان ۱۳۷۶)
- ۴۰- نگرش‌هایی نوین به طراحی فضای باز اداری (تابستان ۱۳۷۷)
- ۴۱- اقتصاد گردشگری جلد دوم (فصول سوم و چهارم) (زمستان ۱۳۷۷)
- ۴۲- فهرست مطابقه‌ای عملیات اجرایی جهت تسهیل در امر نظارت (پائیز ۱۳۷۸)
- ۴۳- دانسته‌هایی در مورد مناطق آزاد و ویژه اقتصادی در جهان (پائیز ۱۳۷۸)
- ۴۴- هدایت منابع مالی و فنی غیر دولتی جهت اجرای طرح‌های عمرانی (زمستان ۱۳۷۸)
- ۴۵- پژوهش در تاریخچه، مفهوم و سیر تحول شهرسازی و شهر سالم در فرهنگ ایران و اسلام (زمستان ۱۳۷۸)
- ۴۶- پارک انرژی‌های نو (تابستان ۱۳۷۹)
- ۴۷- فضاهای باز اداری - مدیریت تجهیزات و طراحی داخلی (پائیز ۱۳۷۹)
- ۴۸- شهرک ترافیکی کودکان (زمستان ۱۳۷۹)
- ۴۹- فضای باز اداری - استانداردهای طراحی فضاهای اداری جدا کننده‌ها، قطعات و اتصالات (زمستان ۱۳۷۹)
- ۵۰- فضای سبز- مناطق صنعتی- پارک‌های صنعتی (تابستان ۱۳۸۰)
- ۵۱- تنظیم شرایط محیطی- بخش اول: استانداردهای عملکرد حسی- جلد اول: محیط روشنایی (پاییز ۱۳۸۰)
- ۵۲- تنظیم شرایط محیطی- بخش اول: استانداردهای عملکرد حسی- محیط‌های صوتی و حرارتی (پاییز ۱۳۸۰)
- ۵۳- منظر سازی - جلد اول: طراحی کاشت (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۴- منظر سازی - جلد دوم: آبیاری و نگهداری منظر (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۵- تنظیم شرایط محیطی- بخش دوم: سیستم‌های کنترل محیط- جلد اول: تولید و کنترل حرارت (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۶- تنظیم شرایط محیطی- بخش دوم: سیستم‌های کنترل محیط- جلد دوم: تولید و کنترل نور و صدا (زمستان ۱۳۸۰)
- ۵۷- منظر سازی- جلد سوم: راهبردهای تکمیلی آراستن مناظر (بهار ۱۳۸۱)

- ۵۸- تنظیم شرایط محیطی- بخش دوم: سیستم‌های کنترل محیط- جلد سوم: سیستم جامع محیطی (تابستان ۱۳۸۱)
- ۵۹- شهر سالم- توسعه (کلان شهر تهران) (تابستان ۱۳۸۱)
- ۶۰- فن‌آوری اطلاعات- بخش اول: مفاهیم کلی (پائیز ۱۳۸۱)
- ۶۱- منظرسازی- جلد چهارم (زمستان ۱۳۸۱)
- ۶۲- فن‌آوری اطلاعات- بخش دوم: مدیریت فن‌آوری اطلاعات (زمستان ۱۳۸۱)
- ۶۳- فن‌آوری اطلاعات- بخش سوم: تجارت الکترونیکی (بهار ۱۳۸۲)
- ۶۴- فن‌آوری اطلاعات- بخش چهارم: تجارت الکترونیکی «امنیت و تجارت بی‌سیم» (تابستان ۱۳۸۲۹)
- ۶۵- ساختمان‌های سبز و پایدار (تابستان ۱۳۸۲)
- ۶۶- فن‌آوری اطلاعات- بخش پنجم: دولت الکترونیکی (تابستان ۱۳۸۲)
- ۶۷- منظرسازی- جنگل‌های مانگرو (حرا): بخش اول- کلیات (پائیز ۱۳۸۲)
- ۶۸- فن‌آوری اطلاعات- بخش ششم: بازاریابی الکترونیکی (پائیز ۱۳۸۲)
- ۶۹- فن‌آوری اطلاعات- بخش هفتم: شهرداری الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۲)
- ۷۰- فن‌آوری اطلاعات- بخش هشتم: آموزش الکترونیکی (بهار ۱۳۸۳)
- ۷۱- فن‌آوری اطلاعات- بخش نهم: دانشگاه الکترونیکی (بهار ۱۳۸۳)
- ۷۲- فن‌آوری اطلاعات- بخش دهم: سیستم‌های اطلاعاتی مدیریتی ساختمان (تابستان ۱۳۸۳)
- ۷۳- فن‌آوری اطلاعات- بخش یازدهم: دانشگاه الکترونیکی (پائیز ۱۳۸۳)
- ۷۴- فن‌آوری اطلاعات- بخش دوازدهم: مدیریت پرونده‌های الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۳)
- ۷۵- فن‌آوری اطلاعات- بخش سیزدهم: دموکراسی الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۳)
- ۷۶- فن‌آوری اطلاعات- بخش چهاردهم: انتخابات الکترونیکی (زمستان ۱۳۸۳)
- ۷۷- فن‌آوری اطلاعات- بخش پانزدهم: حقیقت مجازی (تابستان ۱۳۸۴)
- ۷۸- برگزاری مناقصه‌های دولتی (تصویب شده سال ۱۳۸۳) (تابستان ۱۳۸۴)
- ۷۹- چین دومین مصرف‌کننده انرژی در جهان (تابستان ۱۳۸۴)
- ۸۰- مدیریت پروژه- استانداردهای مدیریت پروژه (بخش اول. تابستان ۱۳۸۴)
- ۸۱- فن‌آوری اطلاعات- بخش شانزدهم: توسعه فن‌آوری اطلاعات در روستاها (عدالت اجتماعی) (پائیز ۱۳۸۴)
- ۸۲- فن‌آوری اطلاعات- بخش هفدهم: مدیریت ارتباط با مشتریان (پائیز ۱۳۸۴)
- ۸۳- مدیریت پروژه- استانداردهای مدیریت پروژه (بخش دوم، زمستان ۱۳۸۴)
- ۸۴- مهندسی ارزش- بخش اول: اصول، مبانی و فرآیند (زمستان ۱۳۸۴)
- ۸۵- مدیریت پروژه- استانداردهای مدیریت پروژه (بخش سوم، زمستان ۱۳۸۴)
- ۸۶- فن‌آوری اطلاعات- بخش هجدهم: پایتخت الکترونیکی- تجلی عدالت اجتماعی (تابستان ۱۳۸۵)
- ۸۷- مدیریت پروژه- دفتر مدیریت پروژه (بخش اول- تابستان ۱۳۸۵)
- ۸۸- متدولوژی‌های کنترل پروژه (تابستان ۱۳۸۵)
- ۸۹- صنایع انرژی‌بر، نظریه‌ها و دیدگاه‌ها (تابستان ۱۳۸۵)
- ۹۰- آشنایی مقدماتی با ارزیابی محیط زیست (پائیز ۱۳۸۵)
- ۹۱- آشنایی با فرآوری‌های گازی CNG، LPG، LNG (زمستان ۱۳۸۵)
- ۹۲- رهنمون‌هایی برای توسعه (زمستان ۱۳۸۵)
- ۹۳- خبرنامه تحولات توسعه در حوزه خلیج فارس (بهار ۱۳۸۶)
- ۹۴- متدولوژی مکان‌یابی صنایع (تابستان ۱۳۸۶)
- ۹۵- خبرنامه تحولات توسعه در حوزه خلیج فارس (جلد دوم) (تابستان ۱۳۸۶)
- ۹۶- خبرنامه تحولات توسعه در حوزه خلیج فارس (جلد سوم) (تابستان ۱۳۸۶)
- ۹۷- معماری سبز، (انرژی آفتاب در معماری) (پائیز ۱۳۸۶)
- ۹۸- معماری سبز، (انرژی زمین گرمایی) (پائیز ۱۳۸۶)
- ۹۹- روند توسعه در خلیج فارس (نسخه چهارم) (پائیز ۱۳۸۶)
- ۱۰۰- ایران ترانزیت (بهار ۱۳۸۷)
- ۱۰۱- سوپر جاذب‌ها (راهی برای گسترش فضای سبز و مقابله با کمبود آب) (تابستان ۱۳۸۷)
- ۱۰۲- روند توسعه در خلیج فارس و دریای عمان بخش پنجم (تابستان ۱۳۸۷)
- ۱۰۳- روند توسعه در خلیج فارس و دریای عمان بخش ششم (پائیز ۱۳۸۷)
- ۱۰۴- بام سبز (پائیز ۱۳۸۷)
- ۱۰۵- احداث سامانه‌های گرمایش شهری (اردیبهشت ۱۳۸۸)
- ۱۰۶- روند توسعه در خلیج فارس و دریای عمان بخش هفتم (خرداد ۱۳۸۸)
- ۱۰۷- بحران جهانی و چشم انداز آینده (تابستان ۱۳۸۸)
- ۱۰۸- حمل و نقل همگانی (تابستان ۱۳۸۸)
- ۱۰۹- نانوفناوری ایمن (فرصت‌ها و چالش‌ها) (تابستان ۱۳۸۸)
- ۱۱۰- از شهر فرودگاهی تا منطقه فرودگاهی (بخش اول)
- ۱۱۱- از شهر فرودگاهی تا منطقه فرودگاهی (بخش دوم)
- ۱۱۲- بندر خشک (پائیز ۱۳۸۸)
- ۱۱۳- شرق ایران خاستگاه توسعه ترانزیت منطقه‌ای (پائیز ۱۳۸۸)
- ۱۱۴- صنعتی سازی ساختمان گامی بلند برای تامین مسکن مردم (زمستان ۱۳۸۸)
- ۱۱۵- مدیریت هوشمند خوردگی، حفاظت کاتدیک، حفظ ثروت ملی (بهار ۱۳۸۹)
- ۱۱۶- بیوگاز ثروتی نهفته در پسماندها (بهار ۱۳۸۹)
- ۱۱۷- اکوهتل حرکتی جهانی به سوی گردشگری پایدار (تابستان ۱۳۸۹)
- ۱۱۸- فتوولتائیک تلفیقی، انرژی در کالبد معماری (تابستان ۱۳۸۹)
- ۱۱۹- اصلاح الگوی استقرار جمعیت، گامی به سوی توسعه پایدار (پائیز ۱۳۸۹)
- ۱۲۰- نانوفناوری در معماری (زمستان ۱۳۸۹)
- ۱۲۱- مدیریت حمل بار، گامی بلند در جهت توسعه اقتصادی کشور (زمستان ۱۳۸۹)
- ۱۲۲- بازار مسافر هوایی بین‌المللی، گامی بلند در جهت توسعه اقتصادی کشور (زمستان ۱۳۸۹)
- ۱۲۳- نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی در ساختمان «معماری همساز با اقلیم و مشکلات ناشی از عدم توجه به آن» (بهار ۱۳۹۰)

- ۱۲۴- شهر فرودگاهی بستر توسعه گردشگری، گامی بلند در جهت توسعه پایدار اقتصاد کشور (بهار ۱۳۹۰)
- ۱۲۵- ارایه ضوابط و پیشنهادات طراحی برای افراد دارای کپولت، ناتوانی، اختلال و معلولیت در بخش زمینی فرودگاه (بهار ۱۳۹۰)
- ۱۲۶- نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی در ساختمان «نور روز در معماری» (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۲۷- شهر فرودگاهی بستر توسعه تجارت، چشم‌انداز تجارت جهانی، چالش‌ها و فرصت‌های ایران (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۲۸- توسعه صنایع نوین، گامی بلند در جهت توسعه اقتصادی کشور «شهر فرودگاهی بستری مناسب برای استقرار صنایع نوین» (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۲۹- نقش طراحی معماری در کاهش مصرف انرژی در ساختمان «انرژی باد در معماری» (تابستان ۱۳۹۰)
- ۱۳۰- روند خصوصی‌سازی فرودگاه‌ها در جهان (پاییز ۱۳۹۰)
- ۱۳۱- شهر فرودگاهی بستری مناسب برای توسعه ورزش ملی و بین‌المللی «شهر ورزشی» (پاییز ۱۳۹۰)
- ۱۳۲- معرفی پاک‌کننده‌های طبیعی و سازگار با محیط‌زیست «بخش اول» (بهار ۱۳۹۱)
- ۱۳۳- معرفی پاک‌کننده‌های طبیعی و سازگار با محیط‌زیست «بخش دوم» (بهار ۱۳۹۱)
- ۱۳۴- معرفی پاک‌کننده‌های طبیعی و سازگار با محیط‌زیست «بخش سوم» (تابستان ۱۳۹۱)
- ۱۳۵- شهر فرودگاهی بستری مناسب برای توسعه صنایع دستی (تابستان ۱۳۹۱)
- نشریه‌های تخصصی منتشر شده بخش‌های مختلف گروه بین‌المللی ره‌شهر**
- ۱- بازارچه صنایع دستی در کوهپایه‌های شمال تهران (بخش شهر سالم) تیر ماه ۱۳۷۴
- ۲- بهینه‌سازی خدمات پرواز (بخش شهر سالم) - (دی ماه ۱۳۷۳)
- ۳- بهینه‌سازی بار ترافیکی بزرگراه‌ها (بخش شهر سالم) (دی ماه ۱۳۷۳)
- ۴- پارک انرژی‌های نو (بخش شهر سالم) - (شهریور ماه ۱۳۷۳)
- ۵- استفاده از مولتی ویزن در مراکز پرتدد شهری (بخش شهر سالم) (اردیبهشت ماه ۱۳۷۳)
- ۶- سازماندهی کارکردهای بهینه‌ی نمایشگرهای دیجیتالی (بخش شهر سالم) اسفند ماه ۱۳۷۲
- ۷- شهرک ترافیکی کودکان (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)
- ۸- پارک پویش: اندیشه سالم / بدن سالم در شهرک فاطمیه منطقه ۲۰ شهرداری تهران (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)
- ۹- پژوهش در تاریخچه، مفهوم و سیر تحول «شهرسازی» و «شهر سالم» در فرهنگ ایران و اسلام (بخش شهر سالم) - آبان ماه ۱۳۷۲

- ۱۰- اصول طراحی مراکز دیسپاچینگ (بخش انرژی) زمستان ۱۳۷۲
- ۱۱- تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوضه‌های شمالی تهران (بخش عمران آب) بهار ۱۳۷۳
- ۱۲- انتخاب محل و نوع سد براساس شرایط ژئومورفولوژی و ژئولوژی (بخش عمران آب) زمستان ۱۳۷۲
- ۱۳- حقایقی در مورد شرکت‌های بزرگ (بخش تحقیق و توسعه) زمستان ۱۳۷۲

ضمنا کتاب‌های زیر توسط گروه بین‌المللی ره‌شهر منتشر گردیده

است:

- ۱- مواد هوشمند و فناوری نانو (کاربرد در معماری و طراحی داخلی) (۱۳۹۰)
- ۲- منظرسازی پایدار برای همه (پاییز ۱۳۹۰)
- ۳- ترجمه کتاب شهرهای فرودگاهی قرن ۲۱ (۱۳۹۰)
- ۴- کتاب آموزش نرم‌افزار Revit architecture 2009 (۱۳۸۹)
- ۵- آشنایی با راهکار مدیریت پروژه جامع (بهار ۱۳۸۹)
- ۶- درختان در منظر شهری (۱۳۸۹)
- ۷- نانوفناوری برای همه (۱۳۸۷)
- ۸- با گیاهان آب را تصفیه کنیم
- ۹- HSE در سفر (۱۳۸۵)
- ۱۰- ترجمه کتاب «چگونه هوای پاکیزه بکاریم»
- ۱۱- ترجمه کتاب «تنظیم شرائط محیطی»
- ۱۲- تدوین کتاب راهنمای برنامه‌نویسی سه بعدی OpenGL (۱۳۸۲)
- ۱۳- ترجمه کتاب «برنامه‌ریزی و طراحی هتل» در سال ۷۶ توسط سازمان برنامه و بودجه چاپ و توزیع شد.
- ۱۴- تدوین کتاب «خودآموز اتوکد ۱۲» (۱۳۷۳)
- ۱۵- ترجمه کتاب «سازه‌های آبی» (۱۳۷۳)
- ۱۶- ترجمه کتاب «سازه پارکینگ‌های طبقاتی» (۱۳۷۲)
- ۱۷- صرفه جویی در انرژی (۲۰ جلد)
- ۱۸- بازنگری استانداردهای صنعت آب کشور با همکاری وزارت نیرو و سازمان برنامه و بودجه (۲۵ جلد)

کتاب‌های زیر نیز توسط گروه بین‌المللی ره‌شهر در دست چاپ

است:

- ۱- طراحی، برنامه‌ریزی و ساخت هتل‌ها
- ۲- برنامه‌ریزی شهری در اقلیم‌های گرمسیر
- ۳- بام سبز