مجله‌ی بررسی‌های آمار رسمی ایران
سال ۳۶، شماره‌ی ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴، صص ۳۶۷ – ۳۹۲

شناسایی عوامل شکل‌دهنده عملکرد برای تحلیل قابلیت اطمینان انسانی در سازمان‌ها: مروری بر ادبیات

زکریا احمدی بنکدار[†] و امیرمحمد فکور ثقیه[‡,*]

[†] دانشجوی دکتری مدیریت، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد

[‡] دانشیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده. انسان ها نقش اساسی در سیستم های فنی-اجتماعی ایفا می‌کنند. با پیشرفت سریع علم و فناوری، نفوذ انسان، عاملی غالب بر وقوع حوادث مختلف در سازمان‌ها است. بر این اساس، بهبود قابلیت اطمینان انسانی، راهکاری مفید برای کاهش خطاهای انسانی است. شناسایی عوامل شکل‌دهنده عملکرد، مسئله‌ای مهم در تعیین احتمال خطای انسانی و در نهایت قابلیت اطمینان انسانی است. پژوهش حاضر با رویکرد مرور سیستماتیک و با هدف واکاوی جایگاه تحلیل قابلیت اطمینان انسانی در سازمان‌ها و شناسایی عوامل شکل‌دهنده عملکرد موثر بر بروز خطاهای انسانی، تدوین شده است. نتایج تحقیق حاضر، ضمن تاکید بر توجه به قابلیت اطمینان نیروی انسانی و تاثیر قابل توجه آن در ارتقاء عملکرد سازمان های تولیدی و خدماتی، لزوم استفاده از روش های جدید مانند تکنیک های شبیه سازی برای ارزیابی آن را توصیه می نماید. این پژوهش ضمن آگاهی بخشی مدیران و سیاست‌گذاران سازمان‌ها از عوامل متداول شکل‌دهنده عملکرد، اهمیت پایش مستمر و تحلیل قابلیت اطمینان انسانی در بهبود مدیریت ایمنی و کاهش خطای نیروی انسانی را تبیین نموده و زمینه لازم را برای برنامه‌ریزی و تدوین راهبردهای مقتضی جهت کاهش مخاطرات شغلی فرآهم می‌سازد.

---

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات
دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰، پذیرش: ۱۴۰۴/۸/۱۰.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

واژگان کلیدی: عوامل شکل‌دهنده عملکرد، خطاهای انسانی، تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، مدیریت ایمنی.

۱- مقدمه

یکی صنایع متعددی از سیستم های مهندسی پیچیده استفاده می کنند. این امر سرآغاز بروز خطاهای انسانی در بکارگیری از سیستم های مذکور بوده و تحلیل قابلیت اطمینان انسانی را به موضوعی داغ و کلیدی تبدیل نموده است [۱۸]. عوامل انسانی چون رفتارهای اشتباه، قضاوت های نادرست یا عدم رعایت رویه های استاندارد، مدت هاست که به عنوان عوامل اصلی بروز حوادث درنظر گرفته می شوند [۴]. آمارها نشان داده اند که در صنعت هسته ای، خطای انسانی عامل بیش از ۹۰ درصد از خرابی های حادث در محیط کار است [۹]؛ این رقم برای صنایع شیمیایی و پتروشیمی بیش از ۸۰ درصد [۱۵]، برای صنایع دریایی حدود ۷۶ درصد [۲۸] و برای سوانح هوایی حدود ۷۵ درصد است [۱۶]. با توجه به اهمیت عوامل انسانی در مدیریت ایمنی، مطالعات فراوانی در زمینه قابلیت اطمینان انسانی در صنایع مختلف از جمله صنعت هسته ای، نفت و پتروشیمی، بهداشت و درمان، صنایع هوایی و غیره انجام گرفته است [۲۷]. خرابی سیستم ناشی از خطای اپراتور تأثیر بسزایی بر کل سیستم، مشاغل، معیشت افراد و امنیت عمومی دارد. کاهش تأثیر انسان بر خرابی سیستم در حین کار، می تواند خسارات ناشی از این خرابی را در صنایع مختلف تا حد زیادی کاهش دهد [۱۸]. تحولات اخیر نشان می دهد که توجه به عوامل انسانی در مقایسه با قوانین و نظارت‌های سخت‌گیرانه، نتایج بهتری را به ارمغان خواهد آورد [۲۳]. قابلیت اطمینان انسانی به دلیل مشارکت انسان‌ها در تاب‌آوری سیستم‌ها بسیار مهم است و عواقب نامطلوب احتمالی خطاهای انسانی یا نظارت‌ها، به ویژه هنگامی که انسان قسمت مهمی از سیستم‌های اجتماعی-فنی بزرگ است، بسیار مخرب می‌باشد [۳]. قابلیت اطمینان انسانی بیانگر احتمال انجام درست وظیفه‌ای است که سیستم برای یک دوره معین به فرد محول کرده است [۲۲]. منظور از تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، روش های مورد استفاده برای ارزیابی قابلیت اطمینان انسانی است که برای کاهش خطاهای انسانی مفید هستند [۲۸]. تحلیل قابلیت اطمینان انسانی با شناسایی، مدل سازی و کمی سازی احتمال خطاهای انسانی سروکار داشته و هدف آن، تحلیل نظام‌مند علل و پیامدهای خطاهای انسانی در سیستم

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

های مختلف است. فرآیند تحلیل قابلیت اطمینان انسانی شامل تعریف سناریو، گردآوری و تحلیل داده های کیفی، مدل سازی اقدامات شناسایی شده و شرایط زمینه ای و تعیین معیارهای بهبود ایمنی است [۲۷].

با عنایت به ضرورت و اهمیت تحلیل قابلیت اطمینان انسانی در صنایع استراتژیک کشور و سهم کم پژوهش‌های داخلی در تبیین و تشریح وجوه مختلف آن، مقدمتا نیاز به درک مفهومی و نظری این حوزه مطالعاتی است. لذا پژوهش حاضر در نظر دارد جهت پر کردن شکاف مطالعاتی موجود، با رویکرد مرور مفهومی به بررسی جایگاه تحلیل قابلیت اطمینان انسانی در سازمان‌ها و شناسایی عوامل شکل‌دهنده عملکرد[1] (PSFs)، بپردازد.

بر این اساس، سایر بخش‌های پژوهش حاضر به صورت ذیل سازماندهی شده است:

در بخش دوم، روش‌شناسی پژوهش به تفصیل تشریح شده و سوالات اولیه تحقیق ارایه می‌شوند. در راستای پاسخ به ۳ سوال نخست، در بخش سوم (مبانی نظری) در قالب مطالعات کتابخانه‌ای به تبیین مفاهیم و محورهایی چون خطای انسانی در محیط کاری، تحلیل قابلیت اطمینان انسانی و روش‌های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی پرداخته می‌شود. به منظور پاسخ به سوالات ۴ و ۵، در بخش چهارم، ضمن مروری بر پیشینه پژوهش و تبیین شکاف پژوهش، عوامل شکل‌دهنده عملکرد در تحلیل قابلیت اطمینان انسانی احصاء می‌شوند. بخش پایانی به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از مطالب اختصاص یافته است.

۲- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر با رویکرد مرور مفهومی و با هدف واکاوی یافته‌ها و درس آموخته‌های اولیه و ارایه بینش‌های جدید در حوزه مطالعاتی تحلیل قابلیت اطمینان انسانی نگارش یافته است. هدف از این روش پژوهش، یافتن کلیه مطالب مربوط به یک موضوع بدون محدودیت در مورد منابع است. تمرکز اصلی این شیوه پژوهشی بر بررسی شواهد در حال ظهور در یک موضوع خاص است. زمانی که هنوز مشخص نیست چه سؤالاتی می‌تواند در آن زمینه مطرح شود، این شیوه می‌تواند در این زمینه برای ارائه گزارش، مفید باشد. هدف کلی از این شیوه مطالعه، بررسی و ارزیابی حوزه مورد مطالعه، شناسایی و نقشه‌برداری از شواهد موجود است. لذا این روش پژوهش برای اهدافی نظیر شناسایی انواع شواهد

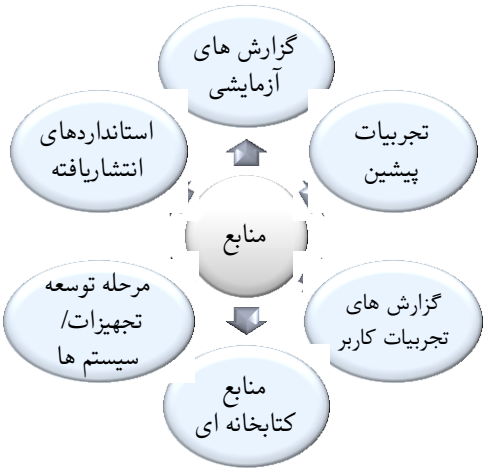
[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

موجود در یک زمینه مشخص، روشن کردن مفاهیم و تعاریف کلیدی در ادبیات مربوط به یک موضوع، بررسی چگونگی تحقیق در مورد یک موضوع یا زمینه خاص، شناسایی خصوصیات اصلی یا عوامل مرتبط به یک مفهوم، شناسایی و تحلیل شکاف‌های دانش و در نهایت به عنوان پیش‌درآمد یک بررسی نظام‌مند، می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد [۲۱]. با عنایت به هدف اصلی این پژوهش، سؤالات اولیه تحقیق که محقق در صدد پاسخ به آن‌ها است، به شرح ذیل می‌باشند:

۱. خطاهای انسانی در محیط کاری کدامند و انواع و سطوح آن‌ها به چه صورت است؟
۲. تحلیل قابلیت اطمینان انسانی چیست و از چه فرآیندی تشکیل شده است؟
۳. انواع روش‌های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی کدامند؟
٤. وضعیت مطالعات پژوهشی در داخل و خارج از کشور پیرامون حوزه مطالعاتی تحلیل قابلیت اطمینان انسانی به چه صورت است؟
۵. عوامل شکل‌دهنده عملکرد چیست، انواع آن کدامند و به چه صورت سازماندهی می‌شوند؟

اصولا برای گردآوری داده های مربوط به نیروی انسانی، منابع متعددی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها در شکل ۱ ارایه شده است. گزارش های آزمایشی شامل داده های مستخرج از آزمایش کالاهای تولیدی است. استانداردهای انتشاریافته، اسنادی هستند که از سوی انجمن های حرفه ای و سازمان های دولتی تدوین شده و منبع مناسبی برای دستیابی به داده های مرتبط با عوامل انسانی است. تجربیات پیشین، منبع خوبی برای دستیابی به اطلاعات از موارد مشابه پیشین است. گزارش های تجربه کاربر حاوی تجربیات کاربران از بکارگیری سیستم/تجهیزات در محیط کار است. منابع کتابخانه ای مانند کتب، مجموعه مقالات کنفرانس ها و نشریات، نیز منابع خوب دیگری برای دستیابی به اطلاعات مرتبط با عوامل انسانی است. در نهایت، انواع مختلفی از داده های مرتبط با عوامل انسانی را نیز می توان در مرحله توسعه تجهیزات/سیستم ها به دست آورد [۶].

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]



شکل ۱- منابع مورداستفاده برای گردآوری داده های مرتبط با عوامل انسانی [۶]

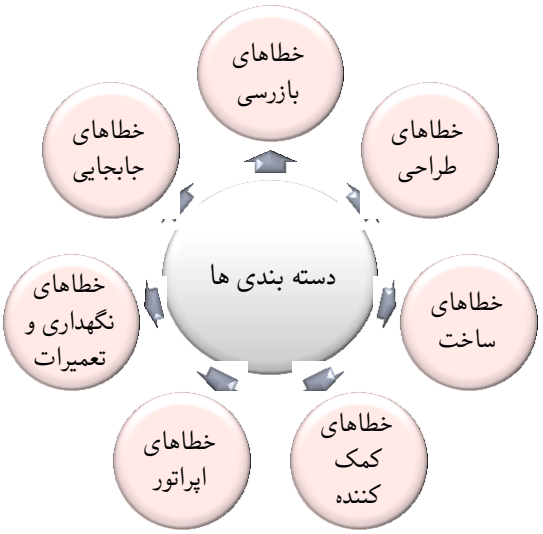
۳- مبانی نظری

۳-۱- خطاهای انسانی در محیط کار

باتوجه به این که خطای انسانی مهم ترین عامل بروز حوادث صنعتی است، شناسایی و تحلیل خطای انسانی، ارزیابی قابلیت اطمینان انسانی و کاهش خطاها و پیشگیری از بروز پیامدهای ناگوار به یک ضرورت غیرقابل انکار تبدیل شده است [۲۹]. دلایل زیادی برای وقوع خطاهای انسانی وجود دارند که از آن جمله می‌توان به: آموزش یا مهارت ضعیف، مدیریت ضعیف، حواس پرتی در محیط کار، وظایف پیچیده، ابزارهای کاری نامناسب، شلوغی و ازدحام محیط کار، طراحی ضعیف تجهیزات، نو ضعیف در محیط کار، چیدمان نامناسب، انگیزه کم، رویه های ناکارا برای بهره برداری و نگهداری از تجهیزات، ارتباطات کلامی ضعیف و سر و صدا و دمای بالای محیط کار، اشاره کرد [۶].
در یک دسته‌بندی خطاهای انسانی را می‌توان به دو گروه کلی فعال و نهفته تقسیم کرد. خطاهای فعال به وسیله اپراتورهای خط تولید صورت می‌پذیرد و دارای اثر فوری است. خطاهای نهفته برعکس خطاهای فعال ممکن است خاموش و بی‌صدا و بدون ایجاد هر گونه اثری باقی بمانند تا زمانی که مسیری را برای ایجاد یک فاجعه ایجاد کنند. معمولاً

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

نتایج خطاهای نهفته وابسته به تصمیم‌گیری، مدیریت نادرست، تمرین اشتباه، نگهداری و تعمیرات نامناسب و غیره است [۳].
در دسته‌بندی دیگر، Dhillon [۶] خطاهای رایج انسانی را در هفت گروه مندرج در شکل ۲ طبقه‌بندی کرد.



شکل ۲- دسته بندی های خطاهای انسانی [۶]

وقوع خطاهای انسانی، عواقب مختلفی را در پی دارد. این عواقب ممکن است از یک قطعه از تجهیزات به قطعه دیگر، از یک موقعیت به موقعیت دیگر، یا از یک کار به کار دیگر متفاوت باشند. همچنین، این عواقب از نظر شدت نیز متفاوت است و می تواند جزئی یا شدید باشد، به عنوان مثال، از تأخیر کوتاه در کارکرد سیستم گرفته تا تلفات مالی هنگفت یا حتی تلفات جانی. با این وجود، پیامدهای خطاهای انسانی برای تجهیزات را می توان در سه دسته زیر طبقه بندی کرد [۶]:

- تأخیر ناچیز در کارکرد تجهیزات
- ایجاد تأخیر در کارکرد تجهیزات بدون توقف کامل
- توقف کامل تجهیزات

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

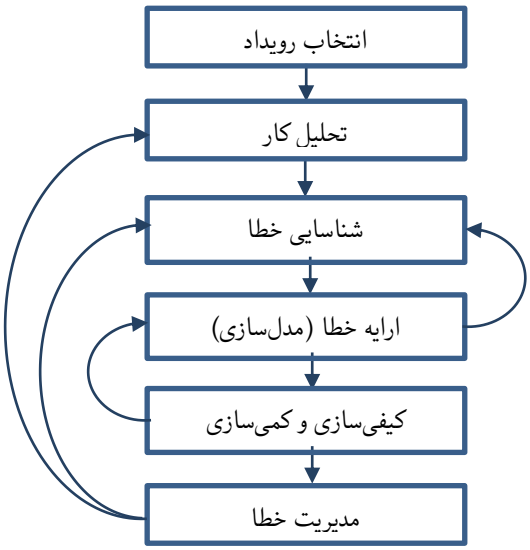
۳-۲- تحلیل قابلیت اطمینان انسانی

قابلیت اطمینان بیانگر توانایی یک سیستم یا پدیده برای کار در یک دوره زمانی مشخص بدون خطا و خرابی است [۱۲]. تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، بخشی از ارزیابی احتمالی ایمنی است که تمامی سناریوهای بروز حوادث احتمالی را برای ارزیابی ایمنی کلی یک سیستم با تکنیک های درخت رویداد و درخت خطا، درنظر می‌گیرد. هر یک از این سناریوها از چندین مولفه خطا مانند خطای انسانی، خطای نرم‌افزاری و سخت افزاری، و خطرات خارجی مانند آتش‌سوزی، زلزله، سونامی و غیره تشکیل شده اند. تحلیل قابلیت اطمینان نقش بسزایی در تخمین احتمال بروز خطاهای انسانی دارد [۱۴]. تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، تکنیکی نظام‌مند برای تعیین تأثیر انسان بر سیستم های پرخطر است [۱۸]. در تعریفی دیگر، منظور از قابلیت اطمینان انسانی، احتمال عملکرد رضایت‌بخش فرد در یک کار خاص است. تحلیل قابلیت اطمینان انسانی مجموعه ای از روش ها برای شناسایی و پیش‌بینی خطاهای انسان در یک شرایط کاری خاص است که بر ایمنی سیستم تأثیر می گذارند و به ارزیابی مخاطرات پنهان ناشی از خطاها، شناسایی علل خطا و کمینه‌سازی نرخ خطا با استفاده از راهبردهای کاهش خطا، می پردازند [۱۲]. یکی از اهداف اصلی تحلیل قابلیت اطمینان انسانی تعیین و ارزیابی تأثیر اپراتور بر قابلیت اطمینان سیستم و پیش‌بینی احتمال بروز خطای انسانی و ارزیابی احتمال خرابی سیستم‌های انسان و ماشین به دلیل خطاهای مذکور است [۱۰]. تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، عوامل علی موثر بر وقوع خطاهای انسانی را شناسایی کرده و احتمالات را بر اساس عوامل علی، کمی می کند. کمی سازی مستلزم درک ساختار وابستگی میان خطاها و عوامل علی است [۱۱]. در تحلیل قابلیت اطمینان انسان، پس از شناسایی خطاهای انسانی در هر وظیفهٔ شغلی، نوع فعالیت کاربر در هنگام وقوع حادثه تعیین شده و عوامل مؤثر در وقوع خطای انسانی ارزیابی می‌شوند. هدف از عوامل شکل‌دهنده عملکرد، تعیین احتمال خطای اسمی انسان و در نهایت احتمال خطای انسانی در هر وظیفهٔ شغلی است. در تحلیل قابلیت اطمینان انسان، وظایف شغلی به سه نوع عملکردی، تشخیصی، و عملکردی-تشخیصی تقسیم می‌شوند [۱]. از تحلیل قابلیت اطمینان انسان بیشتر در صنایع با خطر بالا مانند صنایع هسته‌ای و هوافضا به منظور جلوگیری از وقایعی که ممکن است نتایج فاجعه بار داشته باشد، استفاده شده است [۳].

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

توسعه رویکرد تحلیل قابلیت اطمینان انسانی طی سه دوره زمانی انجام گرفته است. دوره نخست مربوط به سال‌های ۱۹۷۰ تا حدود ۱۹۹۰ می‌شود که بیشتر بر احتمال خطاهای انسانی تمرکز می‌شد. دوره دوم مربوط به سال‌های ۱۹۹۰ لغایت ۲۰۰۵ می‌شود که بیشتر بر تأثیر عوامل مختلف بر عملکرد انسان، تمرکز می‌شد. دوره سوم مربوط به سال‌های ۲۰۰۵ تا اکنون می‌شود که بیشتر بر ارتباط میان دو خطای انسانی (تحلیل وابستگی) تمرکز شده است [۱۸].

شکل ۳ فرآیند کلی تحلیل قابلیت اطمینان انسانی را نشان می دهد. بسته به نوع مسئله (انتخاب رویداد)، در تحلیل کار، خطاهای انسانی شناسایی می‌شود (شناسایی خطا). برای درک بهتر علل، حساسیت‌ها، بازیابی‌ها و روش های احتمالی کاهش مخاطرات، خطاها در قالب مدل نمایش داده می شوند (مدل‌سازی). پس از مدل‌سازی، یافتن خطاهای موثر (یا عملکرد) بر عوامل تعیین‌کننده عملکرد انسانی، ساده خواهد شد. اکنون می توان قابلیت اطمینان انسانی را به صورت کمی یا کیفی ارزیابی کرد. در انتها، پس از ارزیابی تأثیر می توان تصمیمات مدیریتی مناسب را برای بهبود ایمنی سیستم اتخاذ کرد (مدیریت خطا) [۱۲].



شکل ۳- فرآیند تحلیل قابلیت اطمینان انسانی [۱۲]

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

تحلیل قابلیت اطمینان انسانی در مراحل مختلفی می تواند انجام شود. انجام این تحلیل، پیش از وقوع حادثه، مرحله A نامیده می‌شود که شامل مراحل تعمیر و نگهداری، آزمایش و کالیبراسیون است. اشتباهات انسانی که منجر به شروع رویداد می شوند، مرحله B نامیده می شوند و نهایتاً اقدامات ضروری و طبق برنامه که اپراتور باید بعد از حادثه انجام دهد، در مرحله C قرار می گیرند [۲].

۳-۳- روش های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی

به طور کلی روش های متعددی برای تحلیل قابلیت اطمینان انسانی وجود دارد که از نظر دامنه، انواع سطوح تجزیه وظایف کاری و عوامل موثر بر احتمال خطا، متفاوت هستند. با توسعه و فراگیری فناوری‌های اطلاعات، صنایع مبتنی بر رایانه تا حد زیادی بر حالات شناختی و رفتاری انسان ها تأثیر گذاشته و در نتیجه چالش های جدیدی را برای پژوهش های قابلیت اطمینان انسانی ایجاد کرده‌اند [۲۷]. روش‌های به کار رفته در این زمینه برگرفته از سه رشته مهندسی، روانشناسی و ارگونومی بوده و هدف نهایی این روش‌ها کاهش اشتباهات انسانی در وظایف و کارها است [۳]. روش‌های متعدد تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، عوامل شکل‌دهنده عملکرد (یا عوامل تأثیرگذار یا عوامل موثر بر عملکرد) را شامل می شوند. عوامل شکل‌دهنده عملکرد مبیّن شرایطی هستند که می توانند با عوامل شخصی، محیطی و سازمانی مرتبط باشند. شواهد موجود در حوزه‌های روانشناسی و عوامل انسانی حاکی از آن هستند که میان این عوامل پیوندهای پیچیده ای حاکم است [۱۹]. در یک دسته بندی، رویکردهای مختلف موجود برای تحلیل قابلیت اطمینان انسانی به دو دسته تقسیم می شوند:

۱) رویکردهایی که از همبستگی های قابلیت اطمینان زمانی استفاده می کنند.

۲) رویکردهایی که از عوامل موثر بر عملکرد (عوامل شکل‌دهنده عملکرد) استفاده می‌کنند [۱۱].

تا سال ۲۰۰۹، هفتاد و دو روش مختلف تحلیل قابلیت اطمینان ارایه شده است [۱۴]. در دسته‌بندی دیگر، روش های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی از نظر سازوکار ارزیابی به دو صورت ایستا و پویا توصیف می‌شوند. ایستا مربوط به قبل و بعد از عملیات است و

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

پویا وابسته به زمان است که در آن تغییرات احتمالی به عنوان داده های زمان واقعی ارائه می‌شوند. در ارزیابی احتمالات، اهمیت مؤلفه ها (اجزا) محاسبه می‌شود [۲].

از جمله روش‌های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی می توان به تکنیک پیش‌بینی نرخ خطای انسانی[۲] (THERP)، تکنیک تحلیل وقایع انسانی[۳] (ATHEANA)، روش قابلیت اطمینان شناختی و تحلیل خطا[۴] (CREAM)، روش تحلیل استانداردشده صنعتی ریسک[۵] (SPAR-H)، برنامه ارزیابی توالی حوادث[۶] (ASEP) و روش شاخص احتمالی موفقیت[۷] (SLIM) اشاره کرد. هدف هر یک از این روش‌ها برآورد مقدار دقیق و کمی احتمال خطای انسانی[۸] (HEP) است. از میان روش‌های مذکور THERP، ASEP و SPAR-H درهم آمیخته هستند، به عبارت دیگر با یکدیگر ارتباط دارند [۲]. روش SPAR-H، از جمله شناخته‌شده‌ترین روش‌های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی است. این روش همانند روش های CREAM و ATHEANA از جمله روش‌های نسل دوم تحلیل قابلیت اطمینان انسانی هستند که به تأثیرات شناختیِ بر اپراتورها متمرکزند. روش های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی نسل اول مانند THERP، SLIM و INTENT تمرکز کمتری بر فرآیندهای شناختی انسان داشتند. SPAR-H بر مولفه های انسانی مانند پویایی های اپراتور، شرح وظایف و جنبه های روانشناسی اپراتور تأکید دارد. روش مذکور از جمله مناسب ترین روش های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی برای تجزیه و تحلیل عملکرد انسان در حوادث شدید ناشی از مخاطرات خارجی است [۱۴]. در این روش از از عوامل شکل‌دهنده عملکرد، به عنوان ابزاری مستقل برای تنظیم احتمالات خطای انسانی و طبقه بندی ورودی ها و مؤلفه‌های انسانی استفاده می‌شود [۱۹]. روش SPAR-H برای توسعه و بهبود روش‌های THERP و ASEP طراحی شده است. روش THERP برای قالب خاصی از سناریوها توسعه یافته است و ASEP یک روش غربالگری ساده است. SPAR-H برای تعریف طیف رفتار انسان، با حفظ مبانی، طراحی شده است. APAR-H یک روش شناخته و پذیرفته شده در میان روش های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی است که استفاده می‌کند [۲].

هنگامی که بین دو کار ارتباط وجود دارد، پس از بروز خطا از سوی اپراتور در کار اول، ارزیابی وابستگی روش موثری برای تعیین احتمال بروز خطا در کارهای پس‌نیاز است. لذا ارزیابی وابستگی برای تعیین احتمال خطا در کارهای پس‌نیاز پس از خطای اپراتور در کار اول ضرورت می‌یابد. در سال های اخیر پژوهش های متعددی در مورد ارزیابی

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

وابستگی در تحلیل قابلیت اطمینان انسانی منتشر شده است. ارزیابی وابستگی یکی از جنبه های مهم تحلیل قابلیت اطمینان انسانی است، زیرا تأثیر ناتوانی اپراتور در تکمیل یک کار را بر احتمال خطای کارهای پس‌نیاز، بررسی می‌کند. بسیاری از روش های سنتی برای ارزیابی وابستگی معمولا نیازمند متخصصانی هستند که خودشان قضاوت قطعی کنند. این امر به شدت به دانش و تجربه متخصصان آن حوزه متکی است. در حال حاضر روش های ارزیابی وابستگی به طور گسترده در صنایع مختلفی چون سیستم های پزشکی، نیروگاه های هسته ای، سیستم های کنترل هواپیماها، سیستم های حمل و نقل، سیستم های برقی، صنایع شیمیایی و سیستم های ایمنی دریایی استفاده می‌شوند [۱۸].

۴- مروری بر پیشینه پژوهش

امروزه مطالعه تأثیر انسان ها بر سیستم های مهندسی، بیش از پیش مورد توجه صاحب نظران قرار گرفته است. در بخش های مختلف صنعتی، نگرانی هایی در رابطه با قابلیت اطمینان انسانی وجود دارد. از آنجاکه رفتار انسان متأثر از عوامل و شرایط مختلفی است، لذا آثار مخرب آن غیرقابل پیش بینی تر از رفتار خرابی تجهیزات است. از این رو، مطالعات متعددی در زمینه تحلیل قابلیت اطمینان انسانی انجام گرفته است که در ادامه، مهم‌ترین پژوهش‌های خارجی و داخلی معرفی می شوند.

Neves و همکاران [۲۳] در پژوهشی به مطالعه قابلیت اطمینان انسانی از منظر عوامل سازمانی و بررسی نقش عوامل انسانی بر انتشار سیگنال‌های خطر پرداختند. آن‌ها با استفاده از رویکردهای تحلیل بقا، برازش چندین تابع و مدل خطرات متناسب کاکس، خطاهای فعال ارزیابی و استنتاج نمودند. برای این منظور از پایگاه داده یک راننده قطار و اطلاعات سیگنال‌های انتشاریافته در خطر آن، استفاده کردند. همچنین برای مطالعه خطاهای پنهان و عوامل سازمانی، یک ابزار پیمایشی ترجمه شده را به کار بردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که خطاهای فعال، به شکل اطلاعات سیگنال انتشاریافته در خطر، تحت تأثیر عواملی چون سن، تجربه، میانگین طول سفرهای تأیید شده و سیگنال‌های خطر قبلی قرار دارند. به علاوه، مشخص شد که میانگین زمان بروز خطای یک راننده قطار در چنین حوادثی بین ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ روز بود. در ادامه واکاوی این مسئله ملاحظه شد که در سطح سازمانی، رضایت شغلی با تجربه در ارتباط است، در

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

حالی که فرهنگ عمومی و ایمنی با سن، جایگاه شغلی و کارفرما مرتبط است. همچنین به نظر می‌رسید که استرس شغلی و موقعیت جغرافیایی، مستقل از عوامل ارائه شده باشند. یافته‌های این مطالعه حاکی از تعیین عوامل شخصی و سازمانی موثر بر وقوع سیگنال های خطر، بهبود تخصیص بهتر منابع (در مورد آموزش یا تخصیص راننده قطار) یا اجرای اقدامات کنترل ریسک (برای مثال قوانین زمان‌بندی سخت‌گیرانه‌تر) بود. De Albuquerque و همکاران [۵] روشی را ارایه نمودند که به کسب اطلاعات موردنیاز جهت کاهش احتمال خطای انسانی در زیردریایی های هسته ای در کشور برزیل کمک می‌کردند. در این راستا معیارهای مهمی را برای ارزیابی نقش عوامل شکل‌دهنده عملکرد و سطوح آن ها در احتمال خطای انسانی معرفی کردند. برای این منظور معیارهای مهمی چون ارزش کاهش ریسک، ارزش دستیابی به ریسک و غیره را که معمولا در ارزیابی ایمنی احتمالی استفاده می شد، برای شناسایی عوامل شکل‌دهنده عملکرد و تعیین مهم‌ترین آن‌ها به کار گرفتند. سپس برای کمی سازی عوامل شکل‌دهنده عملکرد از روش های تحلیل قابلیت اطمینان انسانیی و شبکه بیزی استفاده کردند. نتایج پژوهش آن‌ها بر روی یک مطالعه موردی حاکی از اثربخشی روش پیشنهادی در ادغام نظرات خبرگان پیرامون احتمال خطای انسانی و شناسایی عوامل کلیدی شکل دهنده عملکرد و سطوح آن‌ها بود که باید برای تصمیم گیری در جهت بهبود عملکرد انسانی به کار گرفته می شدند. Gunda و همکاران [۱۲] عملکرد انسان را از جنبه های مختلف بررسی کرده و در پی یافتن تکنیک هایی برای کمک به مدیریت آن بودند. آن‌ها برای انجام این مطالعه از یک تکنیک تکرارشونده و کاربرپسند استفاده کردند. پس از بررسی عمیق، نیاز به فناوری‌های سازگارتر در ایمنی سیستم (جایی که کارها فقط با مشارکت انسان انجام می شود) را آشکار ساختند. این مقاله برای پژوهشگران آتی در جهت پیشبرد مطالعات در زمینه روان‌شناسی مهندسی و قابلیت اطمینان انسانی راهگشا بود. همچنین به افراد تازه‌کار در تیم مدیریت سازمانی در درک پارامترهای اساسی موثر بر عملکرد انسانی جهت بهبود کارایی و ایمنی نیروی انسان کمک می‌کرد. Li و Tang [۱۸] برای اعمال وابستگی های میان خطاهای کاری در تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، مدلی را بر اساس ضریب همبستگی در نظریه شواهد دمپستر-شفر و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ارایه کردند. آن‌ها از نظریه شواهد دمپستر-شفر برای مدل‌سازی عدم قطعیت و ذهنی بودن قضاوت ها در فرآیند ارزیابی، استفاده کردند. همچنین از ضریب همبستگی برای اصلاح تابع

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

تخصیص احتمال اولیه جهت حصول نتایج دقیق تر، بهره بردند. آن‌ها روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را برای مدل‌سازی روابط سلسله مراتبی مسائل تصمیم گیری چندعاملی، پیاده سازی کردند. روش مذکور، با بهره مندی از این توابع و ساختار چارچوب یکپارچه، قابلیت فوق العاده ای در کاهش ابهام و عدم قطعیت در قضاوت های ذهنی خبرگان داشت. به منظور نمایش قابلیت مدل پیشنهادی، از آن برای تحلیل احتمال وابستگی میان دو عملیات انسانی مبتنی بر داده‌های واقعی نیروگاه هسته ای استفاده شد. یافته های این پژوهش نشان داد که مدل پیشنهادی به ویژه برای ارزیابی های وابستگی که ماهیتا کلامی بوده و با ابهام مواجه هستند، مناسب است. Mohammad fam و همکاران [۲۰] در پژوهشی مبتنی بر نظرات خبرگان به شناسایی، رتبه بندی و بررسی روابط علی معلولی میان متغیرهای موثر بر خطای انسانی در طراحی معادن سطحی در ایران پرداختند. آن‌ها با مطالعات کتابخانه ای، متغیرهای موثر بر خطاهای پنهان انسانی و خطاهای طراحی را شناسایی کردند. سپس با برگزاری دو دور مطالعه دلفی فازی، اجماع نظر خبرگان را بر روی آن متغیرها به دست آوردند. بدین ترتیب، ۱۹ متغیر با امتیاز تأثیر ۰/۷ و بالاتر، غربال شده و در اختیار خبرگان برای تعیین روابط علی معلولی به روش دیمتل فازی قرار گرفت. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که متغیرهایی چون مدیریت ضعیف سازمانی، تخصیص منابع، سطح آموزش و تجربه، عوامل علّی ریشه ای موثر بر خطاهای انسانی در طراحی معادن سطحی ایران هستند. یافته های پژوهش آن‌ها به سازمان ها، به ویژه معادن سطحی، کمک می کرد تا راهبردهای موثری را برای کنترل عوامل موثر بر خطاهای طراحی و در نتیجه کاهش خطاهای کارگران اتخاذ کرده و بدین ترتیب زمینه دستیابی به توسعه پایدار فرآهم شود. قلعه نویی و همکاران [۱۱] با رویکرد تحلیل محتوای کیفی به واکاوی عوامل فردی موثر بر قابلیت اطمینان انسانی برای اپراتورهای اتاق کنترل نیروگاه های سیکل ترکیبی پرداختند. آن‌ها با برگزاری جلسات مصاحبه های نیمه ساختاریافته با ۳۲ اپراتور، داده های موردنیاز پژوهش را گردآوری نمودند. سپس با تحلیل داده ها، پنج مقوله اصلی اعم از شرایط روانی، آگاهی در کار، صلاحیت حرفه‌ای، مهارت های ارتباطی و توانمندی تصمیم گیری و واکنش سریع را استخراج کردند. در نهایت پیشنهاد کردند که صلاحیت حرفه ای و واکنش سریع عواملی هستند که باید برای بهبود قابلیت اطمینان اپراتورها در اتاق های کنترل نیروگاه سیکل ترکیبی توجه ویژه ای به آن‌ها شود. Zare و همکاران [۲۹] به ارزیابی قابلیت اطمینان

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

انسانی در صنعت پتروشیمی پرداختند. آن‌ها با مصاحبه با کارکنان و سرپرستان فعال در این صنعت، مشاغل حساس و کلیدی را شناسایی کردند. سپس مهم‌ترین خطاهای انسانی و عوامل شکل‌دهنده عملکرد در هر گروه شغلی را تعیین نمودند. در ادامه با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی این عوامل و خطاها را وزن‌دهی و اولویت‌بندی کردند. همچنین شاخص احتمال خطا را برای هر یک از خطاهای انسانیِ شناسایی شده در فعالیت‌های منتخب، محاسبه کردند. در نهایت با تبدیل این شاخص به خطای انسانی، قابلیت اطمینان انسانی را بدست آوردند. یافته های پژوهش آن‌ها نشان داد که آتش‌نشانان، افراد حاضر در سایت‌های عملیاتی و تعمیرکاران مکانیکی، با بیشترین سطح مخاطرات شغلی مواجه می شدند، لذا برای ارزیابی قابلیت اطمینان انسانی با استفاده از روش پیشنهادی، برگزیده شدند. به علاوه، شش عامل شکل‌دهنده عملکرد اعم از: آموزش، تجربه، دستورالعمل‌ها و رویه‌ها، استرس، پیچیدگی کار و شرایط زیست‌محیطی به عنوان مهم‌ترین عوامل در بروز خطاهای انسانی تعیین شدند. میانگین احتمال خطای انسانی در سه گروه شغلی آتش‌نشانان، افراد حاضر در سایت های عملیاتی و تعمیرکاران مکانیکی به ترتیب ۰٫۱۹، ۰٫۱۸ و ۰٫۱۳ حاصل گردید.

مجید و همکاران [۳] به بررسی و شناسایی مفاهیم پایه و اولیه مفهوم قابلیت اطمینان انسانی و همچنین مدیریت و کاربرد آن در صنعت پرداختند. آن‌ها با مطالعه مقالات و منابع گوناگون به تبیین ارزش قابلیت اطمینان انسانی و میزان بهره‌وری آن در صنایع گوناگون پرداختند. بدین ترتیب، تأثیرات حائز اهمیت شاخص‌ها و مفاهیم قابلیت اطمینان انسانی را در صنایع گوناگون بررسی و مرور کردند. قنبری و ربیعی [۲] اتکاپذیری عامل انسانی که سهمی در حدود ۷۰% از خطاها را در پیشروی و پیامد حوادث فرآیندی دارا می باشد، با استفاده از روشی تحلیلی SPAR-H مورد ارزیابی قرار دادند. در این راستا آنالیز رفتار اپراتور نیروگاه را در جهت کنترل و سوق دادن حادثه ای با رخداد بالا مانند از دست رفتن تمامی برق نیروگاه که هم شامل منابع برق خارجی سایت و هم منابع داخل سایت می شود، به سمت شرایط ایمن بررسی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که مدیریت این حادثه با توجه به عملکرد اپراتور در مدیریت حادثه رخ داده برای نیروگاه با روش نشت و تغذیه، ضمن حفظ شرایط ایمنی نیروگاه، موجب کاهش ۱۰ درصدی ریسک نیروگاه و همچنین جلوگیری از نشت آلاینده های نیروگاه از جمله مواد رادیواکتیو و آسیب به محیط زیست اطراف آن خواهد شد. کهکهی و همکاران [۱] در

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

پژوهشی توصیفی تحلیلی برای شناسایی و ارزیابی احتمال خطای انسانی در فرایند دیالیز از روش SPAR-H بهره بردند. بیمارستان مورد بررسی آن‌ها شامل شش بخش دیالیز و ۱۶ دستگاه دیالیز به همراه دو پرستار در هر بخش بود. برای جمع‌آوری داده‌های پژوهش از روش‌های مشاهده فرایند دیالیز، مصاحبه با پرستاران، بررسی اسناد، روش های اجرایی و دستورالعمل‌های کاری استفاده کردند. یافته‌های پژوهش آن‌ها نشان داد که احتمال خطای انسانی در میان وظایف پرستار واحد دیالیز در دامنه ۰٫۰۲ تا ۴۴.۰ (به استثنای موارد مرتبط با اختلال دستگاه) است که به ترتیب مرتبط با زیر وظیفه آماده سازی مددجو به عنوان کمترین میزان خطا و زیر وظیفه تنظیم دور پمپ به عنوان بیشترین میزان خطا است. با توجه به این یافته‌ها، پیشنهاد کردند که برای کاهش و کنترل خطاهای انسانی در وظایف شغلی پرستار بخش دیالیز، لازم است تا اقدامات کنترلی چون افزایش تعداد پرسنل، تغییر در زمان شیفت کاری پرستاران، آموزش، تهیه و بازنگری دستورالعمل‌ها انجام شود.

با عنایت بر پژوهش های فوق و سایر پژوهش های مرتبط ملاحظه شد که سهم مطالعات داخلی در زمینه تحلیل قابلیت اطمینان سازمانی بسیار کمتر از پژوهش های خارجی است و معدود پژوهش های انجام گرفته یا در قالب مطالعه مروری بوده و یا صرفا با استفاده از روش های کلاسیک و به صورت گزینشی به ارایه پژوهش کاربردی در تحلیل قابلیت عملکرد انسانی در صنعتی خاص پرداخته اند که نتایج این پژوهش ها با توجه به محدوده مطالعاتی، قابل تعمیم نیست. در این پژوهش‌ها وابستگی موجود میان خطاهای انسانی در محاسبات مربوط به تحلیل قابلیت اطمینان انسانی اعمال نشده و استفاده از روش های قطعی و عدم اعمال صحیح عدم قطعیت های موجود در قضاوت های خبرگان در روش اقتباس شده برای تحلیل قابلیت اطمینان از دقت یافته‌ها و قابلیت اتکا بر نتایج کاسته است. لذا پیشنهاد می شود که پژوهشگران داخلی به منظور بهره مندی از مزایای تحلیل قابلیت اطمینان با توسعه روش ها در محیط فازی و خاکستری که در آن‌ها نیاز به داده های تاریخی نیست، و نیز لحاظ نمودن وابستگی میان خطاها در شبکه ارتباطی وظایف کار، ظرفیت و توانمندی این روش ها را در تحلیل دقیق تر خطاهای انسانی بهبود بخشند.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

۴-۱- عوامل شکل‌دهنده در تحلیل قابلیت اطمینان انسانی

رویکردها ارزیابی قابلیت اطمینان انسانی معمولا شامل مجموعه عواملی هستند که بر احتمال وقوع خطاهای انسانی تأثیر می گذارند که عمدتا تحت عنوان عوامل شکل‌دهنده عملکرد شناخته می شوند. عوامل شکل‌دهنده عملکرد به تبیین تأثیر زمینه های مختلف بر عملکرد انسان می پردازند و برای کمی کردن احتمالات خطای انسانی استفاده می شوند. احتمالات خطای انسانی در تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، که بخشی از ارزیابی ریسک احتمالی است، محاسبه می شوند [۱۹]. روش های فعلی ارزیابی قابلیت اطمینان انسانی مبتنی بر عوامل شکل‌دهنده عملکرد و قضاوت خبرگان است. تحلیل قابلیت اطمینان انسانی دارای عوامل زمینه ای است که بر عملکرد انسان تأثیر می گذارد. عوامل شکل‌دهنده عملکرد یا عوامل موثر بر عملکرد، از جمله علل اقدامات ناایمن انسان در تحلیل وقایع بوده و مبنایی برای سنجش مولفه های انسانی در ارزیابی ایمنی محسوب می‌شوند [۱۱]. عوامل شکل‌دهنده عملکرد طیف گسترده ای از داده های ورودی شامل وضعیت پلان، پویایی کارکنان، شرح کار (وظیفه) و جنبه های روان‌شناختی انسان را در بر می‌گیرد [۲]. امروزه مطالعات مربوط به عامل شکل‌دهنده عملکرد در تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، بیشتر بر روی تعیین، ارزیابی و دسته بندی عوامل موثر متمرکز هستند. از زمان پیدایش مفهوم تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، مشخص شد که خطای اپراتورها تحت تأثیر عوامل متعدد داخلی و خارجی است. عوامل داخلی به عوامل مربوط به شرایط فیزیولوژیکی و روانی اپراتورها مربوط می شود و منظور از عوامل خارجی، شرایط محیطی انجام کارها است. عوامل مذکور، محیط عملکردی اپراتورها را ایجاد کرده و «زمینه» نامیده می شوند. تحلیل زمینه اپراتورها، امکان شناسایی علل بروز خطاهای انسانی و سنجش خطاهای انسانی بر اساس این علل را فرآهم می سازد [۱۱].

مشخصه های انسانی معمولا کیفی و ناملموس هستند. روش های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی می توانند این مشخصه ها را به داده های کمی تبدیل کنند. در تحلیل های کیفی قابلیت اطمینان انسانی، عوامل شکل‌دهنده عملکرد، به عنوان عوامل موثر در بروز خطا در هر کار، مورد ارزیابی قرار می گیرند. این عوامل (به عنوان مثال: تجربه، استرس و پیچیدگی) بر عملکرد اپراتور تأثیر می گذارند. در تحلیل های کمی قابلیت اطمینان انسانی، تحلیل‌گران، احتمالات خطای انسانی را بر اساس خروجی های تحلیل وظایف و

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

تحلیل های کیفی، ارزیابی می کنند. نتایج تحلیل کمی توسط متخصصان این حوزه بررسی شده و در مدل های توالی تصادفی سیستم گنجانده می شوند [۲۴].
با مروری عمیق بر پژوهش های پیشین و جمع بندی این مطالعات، متداول ترین عوامل شکل دهنده عملکرد موثر بر بروز خطای انسانی در چهار بُعد سازمانی، فردی، کاری و محیطی به صورت جدول ۱ احصاء گردید.

جدول ۱- عوامل متداول شکل‌دهنده عملکرد موثر بر بروز خطای انسانی

ابعاد	عوامل شکل‌دهنده عملکرد	مراجع								
		Pence et al. [25]	Dhillon [14]	De Albuquerque et al. [21]	Liu et al. [20]	Mohammadfam et al. [22]	Ghalenoei et al. [19]	Zare et al. [15]	Kang & Seong [17]	Franciosi et al. [24]
سازمانی	رویه های سازمانی	*	*	*	*			*	*	*
	آموزش	*	*	*	*	*		*		*
	مدیریت ضعیف	*				*				
	تخصیص منابع	*				*				
	فرهنگ ایمن	*				*			*	
	تجهیزات ایمن و ابزارهای پشتیبان	*					*			*
فردی	خستگی				*	*			*	
	دانش فنی					*				
	افسردگی					*			*	
	انگیزه					*				
	اعتماد به نفس					*				
	رضایت مالی					*				
	ضریب هوشی					*				
	وضعیت روانی						*			
	وجدان کاری						*			
	صلاحیت حرفه ای						*			
	مهارت های ارتباطی با همکاران						*		*	
	توانمندی تصمیم گیری و واکنش سریع						*			
	تجربه	*	*	*	*	*		*		*
	حالات شناختی	*	*	*	*	*		*		*
	استرس		*	*	*	*		*	*	*
کاری	چندوظیفه‌ای					*				
	بار کاری					*				
	تناسب با کار (وظیفه)		*	*						*
	زمان دردسترس		*	*	*				*	*
	فرآیند کاری غیرشفاف		*	*		*				*
محیطی	سر و صدا	*				*		*	*	
	کیفیت ضعیف هوا در محیط کار	*				*		*	*	
	نور نامناسب محیط کار	*				*		*	*	
	ارگونومی (رابط انسان-ماشین)	*	*	*	*			*	*	*
	پیچیدگی کار	*	*	*	*			*	*	*
	محیط کار ایمن	*			*			*	*	

در ادامه در مورد هر کدام از ابعاد شکل دهنده عملکرد توضیح داده می شود:

۱. عوامل سازمانی

عوامل سازمانی شامل مجموعه‌ای از ساختارها، سیاست‌ها، رویه‌ها و مدیریت کلی سازمان هستند که بر عملکرد کارکنان و رفتار آنان در محیط کاری تأثیر مستقیم دارند. فرهنگ سازمانی قوی که به ایمنی و کاهش خطاهای انسانی توجه ویژه دارد، می‌تواند

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

میزان موفقیت کارکنان را بهبود بخشد. سیاست‌های ناکارآمد مدیریتی یا کمبود منابع ممکن است باعث افزایش فشار بر کارکنان شود و آن‌ها را در معرض خطاهای عملیاتی قرار دهد. مطالعات نشان داده‌اند که محیط‌هایی با ساختار مدیریتی ضعیف و سیاست‌های ناهماهنگ اغلب در معرض وقوع حوادث کاری بیشتر قرار دارند [۲۶].

۲. عوامل فردی

عوامل فردی به ویژگی‌های شناختی، فیزیولوژیکی و روان‌شناختی افراد اشاره دارند. این عوامل شامل ظرفیت ذهنی، سطح مهارت، تجربه، و وضعیت روانی افراد می‌شوند. محدودیت‌های فردی می‌تواند توانایی کارمندان را در انجام وظایف دقیقاً مطابق با الزامات کاری کاهش دهد. به عنوان مثال، استرس و خستگی مفرط می‌توانند تمرکز و دقت کارکنان را کاهش دهند، در حالی که تجربه و مهارت بالا می‌تواند احتمال خطای انسانی را به حداقل برساند [۱۳].

۳. عوامل کاری

عوامل کاری شامل تمامی مشخصه‌های مربوط به وظایف شغلی و الزامات کاری است. این عوامل می‌توانند شامل پیچیدگی کار، حجم وظایف، دسترس‌پذیری منابع و ابزارها باشند. طراحی نامناسب وظایف یا وجود ابهام در دستورالعمل‌ها، تأثیر مستقیمی بر عملکرد انسانی دارد و می‌تواند احتمال وقوع خطا را افزایش دهد. به عنوان نمونه، سیستم‌های کاری که به کارکنان زمان کافی برای انجام وظایف نمی‌دهند، معمولاً با کاهش کیفیت کار و افزایش خطاهای انسانی روبه‌رو هستند [۱۶].

۴. عوامل محیطی

عوامل محیطی به شرایط فیزیکی و محیطی محل کار اشاره دارند. متغیرهایی مانند نور، دما، صدا و طراحی ارگونومیک محیط از جمله مواردی هستند که بر راحتی و تمرکز کارکنان اثرگذار هستند. محیط‌های کاری که به لحاظ فیزیکی نامطلوب هستند، اغلب باعث افزایش استرس و کاهش دقت کارکنان می‌شوند. به عنوان مثال، شرایط کاری در تأسیسات نفت و گاز که با دما و صدای بالا همراه است، می‌تواند احتمال خطاهای انسانی را افزایش دهد [۷].

مطالعات در این زمینه نشان می دهد که تأثیر این چهار دسته عوامل در سیستم‌های پیچیده و بحرانی، بسیار قابل‌توجه است. در یک سیستم پویا، تعامل این عوامل با

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

یکدیگر می‌تواند منجر به شرایطی شود که احتمال بروز خطاهای انسانی افزایش یابد. تحلیل دقیق و مدیریت این عوامل می‌تواند به کاهش خطاها و بهبود ایمنی در سازمان‌ها کمک کند. توجه به این عوامل در طراحی سیستم‌ها و فرآیندهای مدیریتی می‌تواند بهره‌وری سازمان‌ها را ارتقا داده و خطرات عملیاتی را کاهش دهد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر مفهوم قابلیت اطمینان انسانی و مدیریت آن به موضوع اجتماعی و کاربردی در سراسر دنیا تبدیل شده است. لازم است قابلیت اطمینان انسانی در همه مراحل طراحی سیستم به خصوص در مرحله اجرا و مدیریت پیاده‌سازی شود. این مهم می‌تواند با انتخاب مناسب، آموزش و ارتقاء مهارت همه پرسنل ارتقاء یابد. بهبود بیشتر می‌تواند با افزایش آگاهی کارکنان در مورد خصوصیات طراحی تجهیزات و ماشین‌آلاتی که ممکن است در آن‌ها خطای عملیاتی یا تعمیراتی به وجود آید، حاصل گردد.
قابلیت اطمینان انسانی یک حوزه مطالعاتی میان رشته‌ای است که به ارزیابی ایمنی سیستم از منظر نیروی انسانی پرداخته و معیارهای ایمنی مرتبط با آن را ارایه می نماید. هدف از تحلیل قابلیت اطمینان انسانی پشتیبانی از تحلیل احتمالاتی ایمنی در شناسایی و ارزیابی خطرات مربوط به سیستم های پیچیده است. تحلیل احتمالی ایمنی در فرآیند تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، تحلیل‌گران را قادر می سازد تا به مسیرهای موازی که باعث ایجاد خطر، از جمله سهم انسان در این خطر می شوند، به طور ویژه توجه بنگرند. معمولاً هزینه اولیه پیاده‌سازی طرح‌هایی که در قالب بهبود قابلیت اطمینان سیستم‌های صنعتی اجرا می‌شوند بسیار زیاد است. با این حال، تحلیل قابلیت اطمینان انسانی برای بهبود ایمنی سیستم ها یک ضرورت محسوب می شود. روش های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی و ارزیابی عملکرد انسان، اقدامات یکباره نیستند که با توسعه و پیشرفت سیستم‌ها، بتوانند با یک مرتبه استفاده شدن تمام مشکلات آن سیستم ها را حل کنند. آن‌ها فرآیندهای تکرارشونده و مستمری هستند که سطح فعلی دانش و ایمنی سیستم را در هر سیکل بهبود بخشیده و می توانند سیستم را به سطوح عملکرد مجاز در بازه زمانی مشخص برسانند. انسان ها همواره مستعد خطا هستند، لذا ارزیابی عملکرد باید فرآیندی مستمر در چرخه حیات سازمان باشد. از آنجاکه بسیاری از روش های تحلیل قابلیت

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

اطمینان انسانی برای ارزیابی خطای انسانی، متکی بر داده های ذهنی هستند، برای کمی‌سازیِ عینی خطاها، لازم است مفاهیم روان‌شناختی در این روش‌ها گنجانده شوند. استفاده از دستگاه هایی که می توانند عملکرد انسان را در زمان واقعی کنترل کنند از جمله این راهبردها است. همچنین چنانچه روش های نسل سوم به درستی توسعه یابند، می توانند عملکرد انسان را در انجام کلیه وظایف خود در سیستم به طور عینی برای یک کار خاص ارزیابی کنند. استفاده از تکنیک های موجود در روان‌شناسی مهندسی (مانند استفاده از دستگاه های مانیتورینگ بیوسیگنال غیرتهاجمی)، فرصتی برای بهبود بیشتر ایمنی سیستم ها است. در تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، علاوه بر استفاده از تکنیک‌های رفتار انسانی شبیه‌سازی شده با کامپیوتر، بهتر است از دستگاه های نظارت بر سیگنال زیستی بی‌درنگ برای سیستم های حیاتی ایمنی استفاده شود. به منظور تطبیق این دستگاه ها برای تحلیل قابلیت اطمینان انسان، لازم است مدل های نمایش خطا که شامل مفاهیم روان‌شناختی هستند، توسعه یابند. این کار آن طور که گفته شد، ساده نیست، اما چنانچه محقق شود می تواند در آینده ارزیابی ایمنی در تعاملات انسان و ماشین، تحولات اساسی ایجاد کند.

این پژوهش در قالب مطالعه مروری و بررسی پیشینه تحقیق انجام پذیرفت؛ ابتدا مفاهیم پایه‌ای و اصولی قابلیت اطمینان انسانی ارایه شد. سپس پیشینه پژوهش های داخلی و خارجی به‌صورت جامع مورد بررسی قرار گرفت. با انجام مطالعات عمیق کتابخانه‌ای و مروری بر معتبرترین پژوهش‌های پیشین پیرامون حوزه تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، نتایج ذیل حاصل گردید:

- تحلیل قابلیت اطمینان انسانی (HRA) به عنوان یک حوزه میان‌رشته‌ای، نتایج ملموسی در کاهش خطاهای انسانی در سازمان‌ها ارائه می‌دهد. این تحلیل توانسته است با استفاده از تکنیک‌هایی مانند شبکه‌های بیزی، مجموعه‌های فازی و روش‌های شبیه‌سازی، وابستگی بین عوامل شکل‌دهنده عملکرد و خطاهای انسانی را شناسایی و کمی‌سازی کند.
- نتایج نشان داده‌اند که مدیریت قابلیت اطمینان انسانی نقش کلیدی در بهبود ایمنی، ارتقای کیفیت خدمات و بهره‌وری صنایع تولیدی و خدماتی دارد.
- تقریبا در تمامی تکنیک‌های تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، نویسندگان از داده های ذهنی استفاده می کنند. لذا ضرورت بهره گیری از تکنیک هایی که برای ارزیابی

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

قابلیت اطمینان انسانی از داده های عینی استفاده می کنند، بیش از پیش مشهود است. به بیان دیگر، در حالی که بسیاری از تکنیک‌های موجود بر داده‌های ذهنی متکی هستند، استفاده از داده‌های عینی (مانند داده‌های زیستی، داده‌های دستگاه‌های مانیتورینگ و تحلیل آنی عملکرد) نتایج دقیق‌تر و عملی‌تری را در پی داشته است.

- در مطالعات اخیر تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، از ابزارهای پیچیده ریاضی و نیز قضاوت متخصصان و پرسشنامه‌ها برای مدل‌سازی عملکرد انسان و برآورد احتمال خطای انسانی، استفاده می‌شود. این رویکردها غالبا در پی یافتن وابستگی‌های میان خطاهای انسانی و روابط میان عوامل موثر بر عملکرد با استفاده از نظریه مجموعه های فازی و شبکه بیزی هستند.
- تلاش هایی نیز برای توسعه رویکردهای ترکیبی تحلیل قابلیت اطمینان انسانی برگرفته از روش های سنتی تحلیل قابلیت اطمینان انسانی، ابزارهای ریاضی ترکیبی و پایگاه‌های داده‌ها (مانند: دیدگاه خبرگان، شبیه سازی، داده های تاریخی و غیره) وجود دارد.
- پیشرفت های اخیر در تحلیل قابلیت اطمینان انسانی این امکان را فرآهم ساخته است که عملکرد انسان، شبیه سازی شود. رویکردهای قابلیت اطمینان انسانی مبتنی بر شبیه سازی می توانند یک سیستم پویا براساس یک محیط کار مجازی یا حتی اپراتورهای مجازی ارایه نمایند. پژوهشگران از این طریق می توانند رفتار انسان را در سناریوهای پیچیده تری مورد مطالعه قرار دهند.

مطابق نتایج فوق می توان پیشنهادات کاربردی به سازمان های خدماتی و تولیدی داشت. برخی از این پیشنهادات عبارتند از:

آموزش و ارتقاء مهارت کارکنان :طراحی برنامه‌های آموزشی مبتنی بر یافته‌های HRA برای کاهش خطاهای انسانی و بهبود ایمنی شغلی توصیه می‌شود.

پیاده‌سازی سیستم‌های مانیتورینگ :استفاده از دستگاه‌های بیدرنگ برای مانیتورینگ عملکرد انسان در صنایع حساس، مانند هوانوردی و انرژی، پیشنهاد می‌شود.

توسعه رویکردهای ترکیبی :ترکیب روش‌های ریاضی با داده‌های تجربی (مانند شبیه‌سازی و تحلیل تاریخی) برای تحلیل جامع‌تر عملکرد انسانی ضروری است.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

پایش مستمر عملکرد :توسعه مکانیزم‌های پایش مستمر خطاها و قابلیت اطمینان انسانی به عنوان بخشی از سیستم مدیریت کیفیت سازمان.
تعامل نزدیک انسان و ماشین :طراحی سیستم‌های تعاملی با بهره‌گیری از روان‌شناسی مهندسی برای کاهش خطاهای احتمالی در تعاملات انسان و ماشین.
باتوجه به ماهیت نیروی انسانی و زمینه پژوهش، این تحقیق با محدودیت هایی مواجه بوده است که در ادامه به مهمترین آنها اشاره می شود.
بیشتر روش‌های فعلی تحلیل HRA متکی به داده‌های ذهنی هستند که ممکن است سوگیری‌های انسانی را در نتایج ایجاد کند. علاوه بر این، کمبود پایگاه‌های داده بومی و قابل‌اعتماد برای تحلیل عوامل انسانی، محدودیتی جدی در مطالعات داخلی است. همچنین، پیچیدگی رفتار انسانی و تفاوت‌های فرهنگی، مدل‌سازی دقیق و پیش‌بینی خطاهای انسانی را دشوار می‌کند.
به عنوان پیشنهاد برای مطالعات آتی می توان به انجام مطالعات مقایسه‌ای میان روش‌های سنتی و نوین و تحلیل قابلیت اطمینان انسانی برای ارزیابی مزایا و معایب هر روش اشاره کرد. همچنین، توسعه مدل‌هایی که بتوانند تأثیر فرهنگ، عادات و شرایط اجتماعی را در قابلیت اطمینان انسانی به‌طور دقیق تحلیل کنند نیز می تواند مورد توجه قرار گیرد.

توضیحات

1. Performance Shaping Factors
2. Technique for Human Error-Rate Prediction
3. A Technique for Human Event Analysis
4. Cognitive Reliability and Error Analysis Method
5. Standardized Plant Analysis of Risk–Human Reliability Analysis
6. Accident Sequence Evaluation Program
7. Success Likelihood Index Method
8. Human Error Probability

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

مرجع‌ها

[۱] رسولی کهکهی، زینب؛ طاهرنژاد، سمیه؛ راسخ، راضیه؛ جهانگیری، مهدی (۱۳۹۸). ارزیابی قابلیت اطمینان انسانی به روش واکاوی ریسک استاندارد (SPAR-H) در فرایند دیالیز در بیمارستان ابن سینا شیراز، مجله ارگونومی، دوره ۷، شماره ۳، صص ۵۶-۴۴.

[۲] قنبری، ابراهیم؛ ربیعی، عطااله (۱۳۹۹). آنالیز قابلیت اطمینان انسانی در جهت کاهش حوادث و آلایندگی نیروگاه حرارتی، نخبگان علوم و مهندسی، دوره ۵، شماره ۱، صص ۱۷۵-۱۶۸.

[۳] مجید، مهدی؛ کرباسیان، مهدی؛ سرافراز، علی رضا؛ گلبو، پویا (۱۴۰۱). شناسایی و بررسی مفاهیم قابلیت اطمینان انسانی و تأثیر در بهره‌وری سازمان، فصلنامه علمی مدیریت استاندارد و کیفیت، دوره ۱۲، شماره ۴، صص ۱۸۶-۲۰۱.

[4] Chen, C., Reniers, G., and Khakzad, N. (2020). A thorough classification and discussion of approaches for modeling and managing domino effects in the process industries, *Safety science*, **125**, 104618.

[5] De Albuquerque, T.R., Oliva, J.D.J.R., Saldanha, P.L., and Garcia, P.A.A. (2023). Importance measures for performance shaping factors of human reliability analysis, *Process Safety Progress*, **42**(2), 377-391.

[6] Dhillon, B.S. (2014). *Human reliability, error, and human factors in power generation*, Springer International Publishing, Switzerland.

[7] Flin, R., and O'Connor, P. (2017). *Safety at the sharp end: a guide to non-technical skills*. CRC Press.

[8] Franciosi, C., Di Pasquale, V., Iannone, R., and Miranda, S. (2019). A taxonomy of performance shaping factors for human reliability analysis in industrial maintenance, *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, **12**(1), 115-132.

[9] French, S., Bedford, T., Pollard, S.J., and Soane, E. (2011). Human reliability analysis: A critique and review for managers, *Safety science*, **49**(6), 753-763.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

[10] Gao, X., Su, X., Qian, H., and Pan, X. (2022). Dependence assessment in human reliability analysis under uncertain and dynamic situations, *Nuclear Engineering and Technology*, **54**(3), 948-958.

[11] Ghalenoei, M., Mortazavi, S.B., Mazloumi, A., and Pakpour, A.H. (2022). Exploring individual factors influencing human reliability among control room operators: a qualitative study, *International journal of occupational safety and ergonomics*, **28**(3), 1738-1749.

[12] Gunda, Y.R., Gupta, S., and Singh, L.K. (2023). Assessing human performance and human reliability: a review," *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, **14**(3), 817-828.

[13] Hollnagel, E. (2016). *Barriers and accident prevention*. Routledge

[14] Kang, S., and Seong, P.H. (2020). Performance shaping factor taxonomy for human reliability analysis on mitigating nuclear power plant accidents caused by extreme external hazards, *Annals of Nuclear Energy*, **145**, 107533.

[15] Kariuki, S.G., and Löwe, K. (2007). Integrating human factors into process hazard analysis, *Reliability Engineering and System Safety*, **92**(12), 1764-1773.

[16] Kelly, D., and Efthymiou, M. (2019). An analysis of human factors in fifty controlled flight into terrain aviation accidents from 2007 to 2017, *Journal of safety research*, **69**, 155-165.

[17] Kirwan, B. (2017). *A guide to practical human reliability assessment*. CRC press.

[18] Li, L., and Tang, Y. (2023). A New Method of Human Reliability Analysis Based on the Correlation Coefficient in the Evidence Theory and Analytic Hierarchy Process Method, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 1-14.

[19] Liu, J., Zou, Y., Wang, W., Zhang, L., Liu, X., Ding, Q., ... and Čepin, M. (2021). Analysis of dependencies among performance shaping factors in human reliability analysis based on a system

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

dynamics approach, *Reliability Engineering and System Safety*, **215**, 107890.

[20] Mohammadfam, I., Khajevandi, A.A., Dehghani, H., Babamiri, M., and Farhadian, M. (2022). Analysis of factors affecting human reliability in the mining process design using Fuzzy Delphi and DEMATEL methods, *Sustainability*, **14**(13), 8168.

[21] Munn, Z., Peters, M.D., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., and Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach, *BMC medical research methodology*, **18**, 1-7.

[22] Musharraf, M., Smith, J., Khan, F., Veitch, B., and MacKinnon, S. (2018). Incorporating individual differences in human reliability analysis: an extension to the virtual experimental technique, *Safety science*, **107**, 216-223.

[23] Neves, G., Ribeiro, G., Grilo, M., Infante, V., and Andrade, A.R. (2024). Human reliability and Organizational factors—How do Human Factors contribute to Signals Passed at Danger?, *Safety science*, **171**, 106395.

[24] Park, J., Arigi, A.M., and Kim, J. (2019). A comparison of the quantification aspects of human reliability analysis methods in nuclear power plants, *Annals of Nuclear Energy*, **133**, 297-312.

[25] Pence, J., Mohaghegh, Z., Dang, V., Ostroff, C., Kee, E., Hubenak, R., and Billings, M.A. (2015). Quantifying organizational factors in human reliability analysis using the big data-theoretic algorithm," *International Topical Meeting on Probabilistic Safety Assessment and Analysis, PSA 2015* (Vol. 2, pp. 650-659). American Nuclear Society.

[26] Reason, J. (2016). *Managing the risks of organizational accidents*. Routledge.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]

[27] Tao, J., Qiu, D., Yang, F., and Duan, Z. (2020). A bibliometric analysis of human reliability research, *Journal of Cleaner Production*, **260**, 121041.

[28] Ung, S.T. (2018). Human error assessment of oil tanker grounding, *Safety science*, **104**, 16-28.

[29] Zare, A., Hoboubi, N., Farahbakhsh, S., and Jahangiri, M. (2022). Applying analytic hierarchy process and failure likelihood index method (AHP-FLIM) to assess human reliability in critical and sensitive jobs of a petrochemical industry, *Heliyon*, **8**(5).

زکریا احمدی بنکدار

دانشجوی دکتری مدیریت

مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، گروه مدیریت.

رایانشانی: zakaria.bonakdar@mail.um.ac.ir

امیرمحمد فکور ثقیه

دکتری مدیریت تولید و عملیات و دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، گروه مدیریت.

رایانشانی: amf@um.ac.ir

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-14]