نشریه علمی مدیریت استاندارد و کیفیت
Journal of Quality & Standard Management (JQSM)
www.jstandardization.ir

نوع مقاله: مروری

شناسایی و بررسی مفاهیم قابلیت اطمینان انسان و تأثیر در بهره‌وری سازمان

مهدی مجید[۱]*، مهدی کرباسیان[۲]، علی رضا سرافراز[۳]، پویا گلبو[۴]

۱ دانشجو کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. (نوسنده مسئول)
۲ استاد تمام، عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر شاهین‌شهر، اصفهان، ایران.
۳ دانشجو کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر شاهین‌شهر، اصفهان، ایران.
۴ دانشجو کارشناسی ارشد رشته مهندسی هوافضا، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

سابقه مقاله
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۲

چکیده

در سال‌های اخیر مفهوم قابلیت اطمینان انسانی و مدیریت آن به موضوع اجتماعی و کاربردی در سراسر دنیا مبدل شده است. یکی از پارامترهای مهم در سیستم‌های صنعتی قابلیت اطمینان است که حتماً باید به آن پرداخته شود. شاید این مفهوم در نگاه اول پیچیده به نظر بیاید اما در عین اهمیت یک مفهوم ساده است. در تأسیسات صنعتی حفظ ایمنی همواره از اهمیت بالایی برخوردار است، به همین دلیل سیستم‌هایی که ایمنی برای آنها حیاتی است در صنایع گوناگون حائز اهمیت است. از این رو این پژوهش با هدف بررسی و شناسایی مفاهیم پایه و اولیه مفهوم قابلیت اطمینان انسان و همچنین مدیریت و کاربرد آن در صنعت انجام گردیده است. روش پژوهش مطالعه مقالات و منابع گوناگون برای شناسایی ارزش قابلیت اطمینان انسان و میزان بهره‌وری که در صنایع گوناگون می‌گذارد انجام گردیده است و در نتیجه شناسایی تأثیرات حائز اهمیت شاخص‌ها و مفاهیم قابلیت اطمینان انسانی در صنایع گوناگون بررسی و مرور شده است.

کلمات کلیدی: قابلیت اطمینان انسان، خطای انسانی، ایمنی تجهیزات صنعتی، مدیریت حادثه‌ای

1 Mahdimajid@sin.iaun.ac.ir
2 Mkarbasian@yahoo.com
3 Alirezasarafraz.as@gmail.com
4 Golboopouya@gmail.com

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

۱ مقدمه

قابلیت اطمینان انسان، یک موضوع مهم در همه مراحل طراحی سیستم به خصوص در مرحله اجرا و مدیریت است که این موضوع توسط انتخاب مناسب، آموزش و ارتقاء مهارت همه پرسنل می‌تواند ارتقاء یابد. بهبود بیشتر، از طریق بالا بردن آگاهی کارکنان در مورد خصوصیات طراحی تجهیزات و ماشین آلاتی که ممکن است در آن‌ها خطای عملیاتی یا تعمیراتی به وجود آید حاصل گردد. به طور مثال، ابزار و سیستم‌های کنترل باید به گونه‌ای طراحی شوند تا هنگامی که اپراتورها به صورت تیمی یا فردی اقدامی را انجام می‌دهند، اطلاعات کافی را از سیستم مورد نظر و زمان کافی برای تصمیم‌گیری در اختیارشان قرار گیرد؛ ضمناً جایگاه و محیط اتاق کنترل باید با اپراتور تطابق داشته تا احتمال وقوع خطاها به حداقل ممکن رسانده شود. عامل ایمنی، ارگونومی و مقاومت سیستم قابلیت اطمینان انسان (همچنین به عنوان عملکرد انسان یا (HU) مربوط به زمینه عوامل انسانی و ارگونومی است و به قابلیت اطمینان انسان در زمینه‌هایی از جمله ساخت، دارو و انرژی هسته‌ای مربوط می‌شود. عملکرد انسان می‌تواند تحت تأثیر بسیاری از عوامل مانند سن، وضعیت روحی و جسمی سالم، نگرش، احساسات، تمایل به برخی از موارد اشتباهات رایج، خطاها و تعصبات شناختی و غیره قرار بگیرد. قابلیت اطمینان انسان 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 که امروزه معمول و رایج شده است. طراحی کاربر محور و طرح تحمل خطا فقط دو اصطلاح است که برای توصیف تلاش برای مناسب‌تر کردن فناوری برای کار با انسان استفاده می‌شود.

روزانه در مشاغل صنعتی و غیرصنعتی و حتی در زندگی روزمره، قطعات گوناگونی جابجا شده، کشیده شده، برداشته و مورد جابجایی و حمل دستی قرار می‌گیرند. بدیهی است بسته‌هایی که جابجا می‌شوند ممکن است کوچک یا بزرگ، دارای شکل و فرم ثابت یا بدون فرم، بدون دستگیره و یا دارای دستگیره‌های مناسب باشند. لبه‌های نرم و یا تیز و برنده داشته باشند در هر حال این

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

دسته از فعالیت‌ها به دفعات متعدد رخ می‌دهند که بخشی از آن‌ها به صورت تکراری و به عنوان یک شغل در واحدهای صنعتی–تولیدی مطرح می‌شوند. از این رو توجه به مفهوم قابلیت اطمینان انسان و همچنین ریسک‌های موجود در روزمره انسان در سیستم‌ها و واحدهای صنعتی بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

قابلیت اطمینان خاصیتی از سیستم یا عنصر است که توسط آن می‌توان میزان احتمال انجام مأموریت یا وظیفه، تحت شرایط مشخص و از پیش تعریف شده را، برای مدت زمان تعیین شده مورد ارزیابی قرار داد. به بیان علمی‌تر، این قابلیت به میزان توانایی یک سیستم یا قطعه گفته می‌شود که بر طبق آن، سیستم امکان تکرار پذیری مداوم با کسب نتایج مشابه را داشته باشد. مثلاً بیان می‌شود که قابلیت اطمینان یک دستگاه برای مدت زمان ۸۰۰ ساعت جهت انجام یک کار معین و تحت شرایط مشخص محیطی و مکانی ۰.۸ می‌باشد؛ معنای این جمله آن است که به احتمال ۰/۸ این دستگاه تا مدت زمان ۸۰۰ ساعت فعالیت خراب نشده و وظیفه خود را به درستی انجام خواهد داد. همینطور این مسئله برای انسان نیز قابل مثال است با این تفاوت که انسان‌ها عوامل محیطی بسیار بیشتری را تأثیرپذیر هستند؛ بنابراین از اهمیت و حساسیت بیشتری برخوردار هستند. به طور کلی قابلیت اطمینان یک سیستم بر طبق احتمال وقوع خرابی تعریف می‌شود. به این ترتیب در ابتدا باید بدانیم که سیستم مورد نظر چه اجزایی دارد و برای هر یک از این اجزا، چه خرابی‌هایی قابل پیش‌بینی است. بعد از آنکه نرخ وقوع خرابی را در کل سیستم مورد ارزیابی قرار دادیم، آنگاه قادر خواهیم بود که احتمال کارکرد سیستم را در چارچوب محدودیت‌هایش محاسبه نماییم. نظریه قابلیت اعتماد به ما کمک می‌کند که بتوانیم به راحتی این احتمال را محاسبه کنیم.

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

۲ پیشینه تحقیق

در یک پژوهش، مدلی برای HRA توسعه داده و برای آنالیز درجه اهمیت، در ایمنی سیستمی به کار بردند. نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که ارزیابی قابلیت اطمینان انسان برای کاهش خطر سیستم‌های تولیدی با تکنولوژی بالا ضروری است. حالت‌های خرابی و تجزیه و تحلیل اثرات آن‌ها یک ابزار ارزیابی خطر است که خرابی بالقوه را در سیستم، طراحی و فرایند انجام کار یا دستگاه کاهش می‌دهد (Moraru, 2010). در ارزیابی قابلیت اطمینان انسان (HRA) ابزارهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله این ابزارها می‌توان روش‌های نسل دوم، HRA مانند روش‌های ATHEANA را نام برد که به منظور بررسی احتمال رخداد خطای انسانی در تمام مدت زمان اجرای یک کار توسعه داده شده‌اند. این در حالی است که اغلب این ابزارها قادر نیستند مواردی مانند تأثیر سابقه، فاکتورهای سازمانی را در نظر گیرند؛ لذا شناسایی خرابی‌های بالقوه شناخته شده توسط روش‌های HRA دشوار است (Bell Julie, 2009).

FMEA به عنوان یک ابزار قدرتمند برای تجزیه و تحلیل ایمنی و قابلیت اطمینان محصولات و فرایندها می‌باشد که در طیف گستردهای از صنایع هسته‌ای، هوا و فضا و خودروسازی مورد استفاده قرار گرفته است. در سال‌های اخیر تحقیقاتی در مورد کابرد FMEA در سیستم‌های خدمات سلامت صورت گرفته است (Nichols J, 2003). در پژوهشی یک رویکرد FMEA فازی براساس تئوری فازی و روش VIKOR ارائه دادند که خطر کل فرآیند بیهوشی را مورد ارزیابی قرار می‌داد (Schmuland Carl,2005) وترنک و همکاران به تشریح روش‌ها و چالش‌های اجرای فرایند و طراحی FMEA برای آماده شدن به اجرای یک پمپ انفوزیون داخل وریدی پرداخته و توصیه‌هایی برای عملکرد یک فرایند FMEA و طراحی برای پیاده‌سازی فناوری‌های جدید در سازمان‌های خدمات سلامت ارائه دادند. FMEA یک ابزار ارزشمند در طراحی امکانات یک مرکز مراقبت سلامت است که تمرکز آن بر ایمنی بیمار بوده و باعث افزایش آگاهی معمار، مالک و پیمانکار در طراحی و تهیه تسهیلات می‌شود(Cuschieri (Alfred, 2000 در این تحقیق مدلی

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

برای ارزیابی قابلیت اطمینان انسان در تجهیزات پزشکی براساس روش FMEA ارائه شده است که در ارزیابی خطر حالات خرابی بالقوه تمامی زیرسیستم‌ها توسط کارشناسان برای برخورد با ابهام موجود در نظرات انسان‌ها و پوشش شرایط قطعیت نداشتن برای اولین بار از متغیرهای زبانی فازی استفاده شده است. هدف مدل پیشنهادی افزایش کیفیت و ایمنی مراقبت از سلامت می‌باشد (محبوب قدسی، ۱۳۹۴).

برای مدلسازی قابلیت اطمینان روش‌های مختلفی وجود دارد. روش‌های مبتنی بر آمار و اطلاعات آماری ناشی از عملکرد و تعیین تعداد خرابی و همچنین بررسی فیزیک خرابی. در روش جعبه سیاه سیستم در کل بررسی می‌شود و در روش جعبه شفاف، ساختار سیستم و اجزاء مورد توجه قرار می‌گیرد و برای اندازه‌گیری قابلیت اطمینان یک سیستم ابتدا سیستم به اجزایی شکسته می‌شود و قابلیت اطمینان سیستم برحسب قابلیت اطمینان اجزای آن بیان می‌گردد. برای محاسبه قابلیت اطمینان هر جزء براساس داده‌های آماری در دسترس، مدلی برای نرخ وقوع خرابی انتخاب می‌شود و پارامترهای آن براساس داده‌های موجود تخمین زده می‌شوند یا با شبیه‌سازی و دانش مهندسی و تجربه افراد خبره نرخ خرابی تخمین زده می‌شود. در روش‌های مهندسی تعیین مدل و مکانیزم خرابی بسیار مهم است.

دو تابع اصلی در بررسی رفتار وقوع خرابی، توابع چگالی وقوع خرابی (f) و نرخ مخاطره (z) هستند. در یک بازه زمانی خاص، چگالی وقوع خرابی برابر نسبت وقوع خرابی‌های رخ داده در آن بازه به کل جمعیت اولیه عناصر، تقسیم بر طول بازه است. به عبارت دیگر این تابع سرعت میانگین (یا سرعت کلی وقوع خرابی‌ها) را نشان می‌دهد؛ ولی نرخ مخاطره را می‌توان سرعت لحظه‌ای وقوع خرابی‌ها دانست که برابر است با نسبت تعداد وقوع خرابی‌ها در بازه به تعداد عناصر سالم در ابتدای بازه، تقسیم بر طول بازه.

نرخ مخاطره معمولاً با یکی از مدل‌های ثابت، خطی، یا چندجمله‌ای مدل می‌شود. مخاطره ثابت در بسیاری از کاربردها کافی است و معمولاً برای نشان داده رفتار وقوع خرابی تصادفی (وقوع

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

خرابی در مراحل میانی عمر سیستم) از آن استفاده می‌شود. در این مدل قابلیت اطمینان و توزیع چگالی وقوع خرابی نمایی خواهند بود. ولی این مدل برای دوره کهولت سیستم (که در آن با مخاطره فزاینده مواجه هستیم) مناسب نیست. در این حالت از مخاطره خطی استفاده می‌کنیم. در این حالت توزیع چگالی وقوع خرابی یک توزیع رالی خواهد بود. مدل سوم (مخاطره چندجمله‌ای) حالت کلی‌تر دوحالت فوق است که دقت بیشتری دارد. در این حالت چگالی وقوع خرابی دارای توزیع ویبول خواهد شد، که توزیعی مهم در مبحث قابلیت اطمینان است.

دو مدل اول نیز حالت‌های خاصی از این مدل هستند. در مدل مخاطره ثابت m=0 و در مخاطره خطی m=1 است.

برای برآورد پارامتر مدل‌های فوق براساس داده‌های وقوع خرابی، از مقادیر زمان متوسط تا وقوع خرابی (MTTF) و زمان متوسط بین وقوع خرابی‌ها (MTBF) استفاده می‌کنیم. این مقادیر را می‌توان با میانگین گرفتن از زمان‌های وقوع خرابی محاسبه نمود. MTBF مقدار مترقبه زمان وقوع خرابی است و می‌توان آن را از روی تابع چگالی وقوع خرابی به دست آورد.

به تازگی، نقش خطای انسانی در تعدادی از رویدادها به خوبی مطالعه شده و مورد توجه در صنعت هسته‌ای نیز قرار گرفته است(Blackman, 1994). آنالیز قابلیت اطمینان انسانی در مراحل مختلفی می‌تواند انجام شود. این آنالیز قبل از وقوع حادثه در زمره‌ی نوع A قرار می‌گیرد. این مدل مربوط به مراحل تعمیر و نگهداری، آزمایش و کالیبراسیون می‌شود. اشتباهات انسانی که منجر به شروع رویداد می‌شوند، نوع B نامیده می‌شوند و نهایتاً اقدامات ضروری و طبق روند پالن که اپراتور باید بعد از حادثه انجام دهد، در دستهٔ C قرار می‌گیرند. در این تحقیق اقدامات اپراتور بعد از حادثه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد .آنالیز قابلیت اطمینان انسانی همچنین برای حمایت از توسعه مدل‌های خاص تحلیل احتمالاتی نیروگاه مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از آنالیز قابلیت اطمینان انسانی پشتیبانی از تحلیل احتمالاتی ایمنی در شناسایی و ارزیابی خطرات مربوط به سیستم‌های پیچیده است. تحلیل احتمالاتی ایمنی در رابطه با آنالیز قابلیت اطمینان

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

انسانی، تحلیلگران را قادر می‌سازد تا به مسیرهای موازی که باعث ایجاد خطر، از جمله سهم انسان در این خطر می‌شوند، نگاه کنند. بینش‌ها با استفاده از مدل‌های شکست سخت‌افزاری فرکانس‌های رویداد و مرور فرکانس‌های مورد انتظار برای انواع مختلف وضعیت‌های خطرناک با ارزیابی شرایط به دست می‌آید. از دیدگاه پژوهشگران، آنالیز قابلیت اطمینان انسان به عنوان یک تجزیه و تحلیل کیفی و کمی انجام می‌شود. این به تحلیلگر کمک می‌کند تا تعاملات سیستم‌های انسانی را بررسی کند و تأثیر این تعاملات را بر عملکرد و قابلیت اطمینان سیستم بفهمد (داورزنی، ۱۳۸۴). در صنعت هسته‌ای روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری قابلیت اطمینان مؤلفه‌ها وجود دارد که ارزیابی ریسک نامیده می‌شود. در این ارزیابی دو توصیف به مقدار سنجی داده می‌شود، ایستا و پویا. ایستا مربوط به قبل و بعد از عملیات است و پویا که وابسته به زمان است که در آن تغییرات احتمالی به عنوان داده‌های زمان واقعی ارائه شده‌اند. در ارزیابی احتمالاتی اهمیت مؤلفه‌ها (اجزا) محاسبه می‌شود، اما اهمیت مؤلفه‌های انسانی چگونه‌اند که برای این اهمیت روش‌های مختلفی برای تجزیه و تحلیـل قابلیت اطمینان انسان وجود دارند که شامل THERP، ATHEANA، ASEP و ، CREAM SLIM،SPAR-H می‌باشد. هر یک از این روش‌ها با هدف فراهم آوردن مقدار دقیق و عددی احتمال خطای انسانی می‌باشد (قنبری، ۱۳۹۹).

رویکرد H-SPAR به احتمالات مربوط به شکست‌های شناختی و عملکردی تقسیم می‌شود، محاسبات مربوط به بدست آوردن خطای انسانی با استفاده از فاکتورهای شکل دهنده عملکرد انجام می‌شود و تخصیص وابستگی برای تنظیم احتمال خطای انسانی با استفاده از چگونگی اختصاص مقدار مناسب به این فاکتورها و ارائه یک مدل تنظیمی برای کاهش ضرب دوگانه‌ی عوامل مؤثر و مشترک در فاکتورهای شکل دهنده عملکرد می‌باشد. چارچوب پایه‌ای که در H-SPAR استفاده می‌شود بدین نحو است که احتمال را به شکست‌های شناختی و عملی تقسیم می‌کند، محاسبه خطای انسانی را با استفاده از فاکتورهای شکل دهنده عملکرد انجام داده و برای تنظیم و جلوگیری از تضریب عوامل مشترک بین فاکتورها و وابستگی از مدل تعریفی خود بهره می‌برد همچنین با استفاده از احتمال خطای انسانی و فاکتورهای از پیش تعریف شده

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

به طور همزمان چگونگی اختصاص مقدار به این فاکتورها را راهنمایی می‌کند، از توزیع بتا برای عدم قطعیت استفاده می‌کند و با استفاده از برگه‌های کار اطمینان از انطباق تحلیل را حاصل می‌کند. تعدادی از روش‌های آنالیز قابلیت اطمینان انسانی یک مدل عملکرد صریح انسانی ندارند. روش H-SPAR بر اساس یک مدل پردازش اطلاعات دقیق از عملکرد انسان ایجاد شده که از منابع علوم رفتاری برگرفته شده است (داورزنی، ۱۳۸۴). در سال ۱۹۹۹، با تحقیقات بیشتری که انجام شد، ۸ فاکتور شکل دهنده عملکرد یافت شد که قادر به تأثیر بر رفتار انسان هستند. این فاکتورها در فرآیند اندازه‌گیری H-SPAR محاسبه می‌شوند و عبارتند از: زمان در دسترس، استرس یا استرس‌زاها، پیچیدگی، تجربه یا آموزش، ارگونومی یا رابطه انسان-ماشین، آمادگی بدنی برای انجام وظیفه، روندها، فرآیند کار.

در حالی که بسیاری از روش‌های معاصر، فاکتورها را به نوعی درنظر می‌گیرند، روش H-SPAR یکی از معدود روش‌هایی است که تأثیر مثبت بالقوه این عوامل را مورد توجه قرار می‌دهد. بدین معنی که تأثیرات مثبت این فاکتورها در بعضی موارد می‌توانند باعث کاهش میزان شکست اسمی شوند. احتمال خطای انسانی نهائی که با استفاده از ضرایبی تنظیم می‌شود از طریق رابطه‌ی (۲) محاسبه می‌شود.

$$\mathrm{HEP} = \frac{NHEP * \mathbf{PSF_{COMPOSITE}}}{NHEP(\mathbf{PSF_{COMPOSITE}} - \mathbf{1}) + \mathbf{1}} \quad (1)$$

که در این رابطه NHEP برای خطای تشخیصی ۷/۷۱ و برای خطای عملی ۷/۷۷۱ می‌باشد و همچنین فاکتور دیگر از ضرب ۱ فاکتور شکل دهنده‌ی عملکرد بدست می‌آید (Blackman, 2018).

روش نشست و تغذیه، این فرآیند به عنوان روشی که جهت مدیریت حادثه و همچنین به طور بهتر جلوگیری از نشت مواد رادیواکتیو به محیط استفاده شده است از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در حادثه‌ی از دست دادن توان خارجی و داخلی نیروگاه که منجر به از دست رفتن برداشت گرما از طریق سیال خنک کننده می‌شود، این امکان وجود دارد که پاسخی مناسب به این عدم

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

برداشت گرما داده شود. در چنین سناریوهایی، اپراتور باید با استفاده از سیستم‌های تزریق اولیه آب سرد را به مدار اول تزریق کند در حالی که به طور همزمان حفظ و یا کاهش فشار از طریق شیرهای اطمینان انجام می‌شود. استفاده مناسب از این تکنیک می‌تواند باعث حفظ حالت شبه پایدار برای فشار سیستم از طریق چرخه‌ی فعالیت شیرهای کاهش فشار باشد. برای اولین بار ایده‌ی استفاده از راهکارهای متفاوت برای برنامه‌های کاربردی این روش را به عنوان یک تجزیه و تحلیل مقدماتی برای حالتی که تعادل شبه پایدار انرژی است، توسعه دادند. در این قسمت به گوشه‌ای از عملیات و کارکردهایی که توسط این سیستم انجام می‌گیرد اشاره شده است:

- حفظ موجودی کافی برای مایع خنک کننده اولیه در طول و بعد از اتمام عملکردهای عملیاتی؛
- انجام عملیات بازآوری برای کنترل شکستگی‌های کوچک (بر اساس ظرفیت پمپ فشاری)؛
- کنترل فشار در PHTS (یا بدون فشارنده).

۳ روش تحقیق

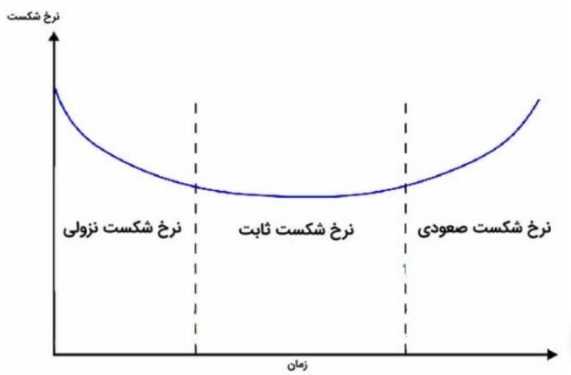
قابلیت اطمینان دو بعد مهم، زمان و استرس دارد. یک محصول با وجود تمام فشارهای تهدیدآمیز بر روی آن، مانند دما، لرزش، شوک، ولتاژ و سایر عوامل محیطی، باید چندین سال از عمر خود را تحمل کرده و عملکرد مورد نظر خود را نیز انجام دهد. همانگونه که از تعریف فوق مشخص است، بدون شک باید نظریه قابلیت اعتماد مرتبط با طول عمر دستگاه و زمان خرابی آن باشد. نرخ شکست یا آهنگ خرابی که معمولا آن را به حرف یونانی لاندا (λ) نمایش می‌دهند، میزانی برای سنجش شکست یک سیستم است که متناسب با چرخه زمان یک سیستم تغییر می‌کند. در محاسبات عملی میانگین زمان بین شکست‌ها اغلب به جای آهنگ شکست استفاده می‌شود

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

که به این فاکتور اصطلاحاً میانگین زمان مابین خرابی گفته می‌شود که نرخ آن طبق دستور زیر محاسبه می‌شود:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \qquad (2)$$

ناگفته نماند که این تساوی تنها زمانی برقرار است که نرخ شکست در طول زمان ثابت مانده باشد. اما گاهی نیز ممکن است نرخ شکست براساس زمان، به صورت یک تابع صعودی-نزولی و یا وانی شکل باشد.



شکل (۱): انواع نرخ شکست

برای افزایش قابلیت اطمینان آن دسته از سیستم‌های صنعتی که ایمنی در آن‌ها حیاتی بوده و از اهمیت بالایی برخوردار است، به طور کلی چندین روش بنیادی وجود دارد که سه روش مهم‌ترین آن‌ها هستند. با بهره‌گیری از تکنیک افزونگی طبق تعریف مهندسی آن با قرار دادن زیربخش‌های مشابه در یک سامانه به صورت موازی می‌توان عملکرد کلی سامانه در شرایط خطا را تضمین کرد. یافتن دلایل وقوع خرابی، پیش از وقوع آن، دلایل را از بین می‌برند. سیستم را باید طوری طراحی کرد که در آن روش‌های جلوگیری از خرابی‌های احتمالی لحاظ شود تا به

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

خوبی بتوان از وقوع خرابی در آینده جلوگیری شود. با مانیتور کردن منظم وضعیت سیستم توسط یک نرم‌افزار و یا کاربر به طور خودکار می‌توان تعمیرات اجباری را پیش‌بینی نمود و از وقوع خرابی‌های احتمالی جلوگیری کرد. هم چنین تحلیل درخت نقص، تحلیل مدار پنهان، طراحی تست‌پذیری، مدیریت قطعات و کاهش فشار نیز از جمله روش‌های تأثیرگذار در افزایش قابلیت اطمینان محسوب می‌شوند.

معمولاً هزینه اولیه پیاده‌سازی طرح‌هایی که در قالب بهبود قابلیت اطمینان سیستم‌های صنعتی اجرا می‌شوند بسیار زیاد است. در برخی از طرح‌های بهبود قابلیت اطمینان مبحث تزریق مالی در سرمایه‌گذاری اولیه خلاصه می‌شود و مسئله سوددهی چندان اهمیت ندارد بلکه آنچه مدنظر قرار دارد رفاه اجتماعی است. با در نظر گرفتن کاربردهای گسترده این پارامتر در حوزه‌های حساس مثل برق، نفت، گاز، حمل و نقل و غیره، می‌بایست همیشه و در هر لحظه کنترل تأسیسات را در دست داشته باشید و با توجه به اینکه تعمیر قطعات یک سیستم بسیار ارزان‌تر از تعویض کلی آن سیستم است پس پیش‌بینی قابلیت اطمینان در محاسبه طول عمر آن بسیار مهم خواهد بود که همین امر هزینه‌های صرف شده در مسیر بهبود قابلیت اطمینان یک مجموعه را از نظر اقتصادی توجیه خواهد کرد.

ارزیابی قابلیت اطمینان انسان نام رایجی است که برای ارزیابی روش‌ها و مدل‌هایی استفاده می‌شود که مربوط به پیش‌بینی وقوع خطاهای انسانی است. به عبارت دیگر ارزیابی قابلیت اطمینان انسان شامل استفاده از روش‌های کمی و کیفی برای ارزیابی سهم انسان در خطر است. از روش HRA 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. روش‌های به کار رفته در این زمینه برگرفته از سه رشته مهندسی، روانشناسی و ارگونومی کاربردی بوده و هدف نهایی این روش‌ها کاهش اشتباهات انسانی در خدمات سلامت است.

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

جدول (۱): دلایل اصلی خطاهای انسانی و نتایج آن

انواع خطاهای انسانی	دلایل خطاها
سطح مبتنی بر مهارت	مربوط به اجرای اشتباه کار
سطح مبتنی بر قوانین	طبقه‌بندی اشتباه / تشخیص اشتباه منجر به استفاده از قانون استباه می‌شود
سطح مبتنی بر دانش	ناشی از دانش ناقص باور نادرست

خطاهایی را که اشاره شد، می‌توان به دو گروه کلی فعال و نهفته تقسیم کرد. به طور کلی 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 نتایج خطاهای نهفته وابسته به تصمیم‌گیری، مدیریت نادرست، تمرین اشتباه، نگهداری و تعمیرات نامناسب و غیره است.

۴ یافته‌های تحقیق

قابلیت اطمینان انسان یکی از مهم‌ترین مفهوم‌های بهره‌وری در سازمان‌ها و در صنعت یک کشور به شمار می‌آید. یکی از تحقیقات مروری، مدیریت حادثه‌ای با رخداد بالا در یک نیروگاه تولید حرارتی از نوع هسته‌ای است. نتایج حاکی از آن بودند که رابطه‌ای بین مدیریت حادثه‌ی نوعی و همچنین خطای انسانی و در پی آن آسیب‌های زیست محیطی وجود دارد که تصمیم‌گیران ایمنی نیروگاه می‌بایست شرایط عدم تخطی ازمعیارهای ایمنی که در مورد این نوع از نیروگاه‌ها تعریف شده است را در نظر بگیرند. از این رو با توجه به در اولویت قرار داشتن مسائل ایمنی نیروگاه‌های هسته‌ای می‌توان بیان داشت استفاده از سیستم‌های کنونی موجود در نیروگاه همراه با بهترین عملکرد اپراتور فقط کاهشی ۱۷ درصدی در آسیب داشته، لذا پیشنهاد می‌شود برای افزایش ایمنی نیروگاه، کاهش آسیب به آن و همچنین کاهش آسیب به محیط‌زیست افزونگی سیستم‌های اصلی دخیل در توالی این حادثه افزایش یابند (قنبری، ۱۳۹۹).

نتایج مطالعه‌ی دیگر نشان از اهمیت نسبی بیشتر عواملی همچون استرس، پیچیدگی و رویه‌های کاری در احتمال خطا دارند. پیرو مطالعه، اشاره شده است که استرس و زمان در دسترس

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

مهم‌ترین فاکتورهای است که در خطای انسانی دخیل هستند (Khasha R, 2013). در مطالعه دیگری که در بخش نوزادان صورت گرفته زمان در دسترس، پیچیدگی و استرس را به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر خطا یادکرده‌اند که با نتایج مطالعه فعلی همخوانی دارد. عیوض‌لو و همکاران مهمترین عوامل مؤثر بر خطا را زمان در دسترس، پیچیدگی، نامناسب بودن ایستگاه‌های ارگونومی و استرس بال دانسته‌اند. با عنایت به موارد عنوان شده اقداماتی همچون افزایش تعداد پرسنل، بازنگری دستورالعمل‌های کاری و آموزش در وهله اول و انجام وظایف توسط افراد متفاوت و افزایش فاصله زمانی میان انجام وظایف جهت کاهش وابستگی و به تبع آن کاهش احتمال خطای انسانی در وهله دوم ضروری به نظر می‌رسند. در مطالعاتی اشاره به اهمیت تجربه کاری افراد در کاهش احتمال رخداد خطای انسانی شده است؛ که می‌توان بیان داشت افراد باتجربه‌تر پایش دقیق‌تری از وظایف شغلی خود دارند که این مهم می‌تواند سبب انجام وظایف در مدت زمان و استرس کمتری شود (طاهرزاده چنانی، ۱۳۹۹).

نتایج مطالعه‌ی دیگر، در این رابطه با محدودیت‌هایی همراه بود. روش H-SPAR در اصل برای صنایع هسته‌ای توسعه یافته است و مطالعاتی با استفاده از این روش جهت ارزیابی احتمال خطای انسانی در اتاق عمل انجام نشده است، به همین دلیل امکان مقایسه نتایج وجود نداشت. محدودیت دیگر را می‌توان به ضرایب سطوح عوامل شکل دهنده عملکرد نسبت داد زیرا این ضرایب برای فعالیت‌های شغلی در صنایع هسته‌ای پیشنهاد داده شده‌اند. بر اساس نتایج این مطالعه جهت بهبود قابلیت اطمینان انسانی می‌توان وظایف را با فاصله زمانی از هم و توسط پرسنل متفاوت جهت کاهش وابستگی و احتمال خطا انجام داد. استرس، پیچیدگی و رویه‌های کاری مهم‌ترین عوامل مؤثر بر احتمال خطا شناخته شدند که این معضل را می‌توان با برگزاری کلاس‌های آموزشی در جهت تبیین شیوه‌های درست انجام فعالیت‌های شغلی و همچنین تعدیل برنامه زمانبندی شیفت‌ها حل کرد (طاهرزاده چنانی، ۱۳۹۹).

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این پژوهش که به صورت مروری و مطالعه‌ای انجام پذیرفت، ابتدا با مفاهیم پایه و اصولی قابلیت اطمینان انسان آشنایی صورت پذیرفت، سپس مطالعات مروری بصورت دقیق مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. با در نظر گرفتن تمام موارد ذکر شده می‌توان دریافت که مفهوم قابلیت اطمینان انسانی و مدیریت آن در سازمان‌ها می‌تواند در میزان بهینگی اصول و قواعد کار تأثیر بسزایی بگذارد و همچنین کاربرد مدیریت قابلیت اطمینان انسانی باعث ایجاد چشم‌اندازهای وسیعی برای بهبود بهره‌وری در صنایع تولیدی و خدماتی می‌شود.

۶ تقدیر و تشکر

در پایان از تمامی افرادی که ما را در انجام پژوهش حاضر کمک و مساعدت کردند، تشکر وقدردانی به‌عمل می‌آید.

۷ مراجع

۱. کرباسیان، مهدی و رمضانی، رقیه، طراحی مدلی برای ارزیابی اقتصادی و بهینه‌سازی سرمایه گزاری در خرید تجهیزات پلیسی با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان انسان؛ مطالعه موردی دستگاه تشخیصی طیف سنجی جرمی، مجله پژوهش های مدیریت انتظامی، شماره ۳۱ ، پاییز ۱۳۹۳، ۳۴۱-۳۷۰

۲. عابدی، سیدمصطفی و حقی فام، محمودرضا، تنظیم قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی بر اساس قراردادهای بیمه قابلیت اطمینان، نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران - الف مهندسی برق، دوره ۱۱، شماره ۲، سال ۱۳۹۲، ۸۲-۷۵

3. Hallee, B. T. (2013). Feed-and-bleed transient analysis of OSU APEX facility using the modern Code

4. Scaling, Applicability, and Uncertainty method (Doctoral dissertation).

5. Gertman, D., Blackman, H., Marble, J., Byers, J., Haney, L and Smith, C. (2005). "The SPAR-H human

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

6. reliability analysis method, NUREG/CR-6883," US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC

7. Garrick, B. John. (2005). Why Probabilistic Risk Assessment. USA

8. Board, A. E. R. (2003). Primary Heat Transport System for Pressurized Heavy Water Reactors.

9. AERB/NPP-PHWR/SG/D-8, AERB, Mumbai, India.

10. Taghipour Sharareh, Dragan Banjevic, Andrew KS Jardine (2010), "Periodic inspection optimization model for a complex repairable system", Reliability Engineering & System Safety, 95(9), pp. 944-952

11. Wetterneck Tosha B., et al. (2004), "Challenges with the performance of failure mode and effects analysis in healthcare organizations: An IV medicatio administration HFMEA™", Proceedings of the Human Factors and Ergonomic Society Annual Meeting, Vol. 48. No. 15. SAGE Publications

12. Chen Jih Kuang (2007), "Utility priority number evaluation for FMEA", Journal of Failure Analysis and Prevention, 7(5), pp. 321-328.

13. Kesicki F., Yanagisawa A. (2014). Modelling the potential for industrial energy efficiency in IEA's World Energy. Outlook. Energy Efficiency, 8(1), 155–169

14. Khan M., Jaber M. Y., Plaza M. (2011). Linking Quality to Learning - A Review. In Jaber (Ed.), Learning Curves: Theory, Models, and Applications (pp. 211–236)

15. Bell, J., Williams, J., 2016. Consolidation of the HEART Human Reliability Assessment Principles. Symposium Series No.

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461

Research paper

Identifying and investigating the concepts of human reliability and the impact on organizational productivity

Mahdi Majid*, Mahdi Karbasian, Alireza Sarafraz, Pouya Golboo

Received: 2023/03/03
Accepted: 2023/05/02

Abstract

In recent years, the concept of human reliability and its management has become a social and practical issue all over the world. One of the important parameters in industrial systems is reliability, which must be addressed. This concept may seem complicated at first glance, but it is a simple concept at the same time. In industrial facilities, maintaining safety is always of great importance, for this reason, systems for which safety is vital are important in various industries. Therefore, this research has been conducted with the aim of investigating and identifying the basic concepts of the concept of human reliability as well as its management and application in the industry. The research method has been to study various articles and sources to identify the value of human reliability and the level of productivity it has in various industries, and as a result of identifying the important effects of indicators and concepts of human reliability in various industries, it has been examined and reviewed.

Keywords: Human reliability, human error, industrial equipment safety, incident management

DOI: 10.22034/jsqm.2023.384186.1461