

Review article

An Overview of Traditional Approaches towards Workplace Safety in High-Risk Industries

Mehran Maleki Roveshti¹**Zahra Naghavi Konjin^{2*}****Jamshid Yazdani Charati³****Siavash Etemadinezhad⁴**

- 1- MSc Student in Occupational Health, Department of Occupational Health Engineering, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.
- 2- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
- 3- Full Professor, Department of Biostatistics, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.
- 4- Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.

***Corresponding author:** Zahra Naghavi Konjin, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

Email: z.naghavi@mazums.ac.ir

Received: 09 June 2021

Accepted: 02 August 2021

ABSTRACT

Introduction and purpose: The traditional attitudes toward workplace safety and the common risk analysis methods alone cannot be effective in high-risk industries that are accompanied by socio-technical complexity and high vulnerability since they cause costs and damages in the system. The present study aimed to examine the strengths and weaknesses of traditional safety attitudes in workplaces of high-risk industries.

Methods: This study searched the foreign databases of Pubmed, Web of Sciences, Scopus, and Google Scholar, as well as Persian web databases, such as SID, Civilica, and Magiran up to 2020. The keywords used for this search included the term "Tradition" and the keywords of "Safety, Workplace, Risk, Industry, and Accident". A total of 53 articles were extracted. After screening the articles in terms of content and subject matter and deleting irrelevant articles, the full texts of 28 related articles were examined in more detail.

Results: In the traditional approach to workplace safety, issues, such as human error and unsafe practices, defects in system components, and inadequate staff training were identified as the root causes of accidents. However, today, many studies have emphasized that the causes of accidents, especially in high-risk industries, should be explored in technological, organizational, and human factors (variability of daily tasks), as well as the combination of a set of emerging events.

Conclusion: Weaknesses to detect hidden and/or emerging risks, inadequate effectiveness in dealing with technical complexities-work processes, lack of understanding of nonlinear interactions, and the certainty of causes of the accident include the limitations of the traditional approach to workplace safety in high-risk industries.

Keywords: High-risk industrial, Occupational accident, Risk assessment, Workplace safety

► **Citation:** Maleki Roveshti M, Naghavi Konjin Z, Yazdani Charati J, Etemadinezhad S. An Overview of Traditional Approaches towards Workplace Safety in High-Risk Industries. Journal of Health Research in Community. Autumn 2021;7(3): 78-88.

مقاله مروری

مروری بر نگرش سنتی نسبت به ایمنی محیط کار در صنایع پرخطر

چکیده

مهران ملکی روشنی^۱
 زهرا نقوی کنجین^{۲*}
 جمشید یزدانی چراتی^۳
 سیاوش اعتمادی نژاد^۴

مقدمه و هدف: نگرش سنتی نسبت به ایمنی محیط‌های کاری و روش‌های متداول ارزیابی ریسک در صنایع پرخطر با پیچیدگی فنی-اجتماعی و آسیب‌پذیری زیاد کارآمد و اثرگذار نیست؛ چراکه باعث تحمیل هزینه و خسارات در سیستم می‌شود. در این راستا، پژوهش حاضر به بررسی نقاط قوت و ضعف نگرش ایمنی سنتی در محیط‌های کاری صنایع پرخطر می‌پردازد.

روش کار: در مطالعه حاضر، مقالات و مجلات پایگاه‌های اینترنتی معتبر خارجی شامل PubMed, Web of Sciences, Scopus, Google Scholar و پایگاه‌های اینترنتی فارسی شامل SID, Civilica, Magiran تا سال ۲۰۲۰ بررسی شد. کلیدواژه‌های استفاده شده برای این جست‌وجو عبارت بودند از: اصطلاح Tradition و کلمات کلیدی Safety, Workplace, Risk, Industry و Accident. در مجموع ۵۳ مقاله استخراج شد که پس از غربالگری آن‌ها از نظر محتوایی و موضوعی و حذف مقالات غیرمرتبط، متن کامل ۲۸ مقاله مرتبط دریافت و جزئی‌تر بررسی شد.

یافته‌ها: در نگرش سنتی به ایمنی محیط کار موضوعاتی چون خطای انسانی و اعمال ناایمن، نقص و خرابی اجزای یک سیستم و آموزش ناکافی به کارکنان به عنوان علل ریشه‌ای حوادث شناخته می‌شدند، اما امروزه در بسیاری از مطالعات تأکید شده است که علل بروز حوادث به خصوص در صنایع پرخطر را باید در عوامل تکنولوژیکی، سازمانی، انسانی (تغییرپذیری وظایف روزمره) و ترکیب مجموعه‌ای از رخدادهای نوظهور کاوش کرد.

نتیجه‌گیری: ضعف در کشف ریسک‌های پنهان یا نوظهور، اثربخشی ناکافی در رسیدگی به پیچیدگی‌های فنی فرایندهای کاری، عدم درک تعاملات غیرخطی و قطعی بودن علل بروز حادثه از محدودیت‌های نگرش سنتی به ایمنی محیط‌های کاری در صنایع پرخطر است.

کلمات کلیدی: ایمنی محیط کار، ارزیابی ریسک، صنایع پرخطر، حوادث شغلی

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳. استاد، دکترای آمار زیستی، گروه آمار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۴. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

* نویسنده مسئول: زهرا نقوی کنجین، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

Email: z.naghavi@mazums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۱

◀ **استناد:** ملکی روشنی، مهران؛ نقوی کنجین، زهرا؛ یزدانی چراتی، جمشید؛ اعتمادی نژاد، سیاوش. مروری بر نگرش سنتی نسبت به ایمنی محیط کار در صنایع پرخطر. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، پاییز ۱۴۰۰، ۷(۳): ۷۸-۸۸.

مقدمه

با افزایش مقیاس و پیچیدگی سیستم‌های مدرن، امروزه روش‌های مرسوم مدیریت ایمنی مبتنی بر تفکر خطی و مدل‌های

شکست برای تطبیق با واقعیت کمتر از چند دهه پیش مؤثر به نظر می‌رسند [۱]. پیشرفت و توسعه روزافزون فناوری سبب ایجاد تغییرات گوناگون مسائل انسانی و سازمانی در محیط‌های کاری صنایع شده است [۲]. علاوه بر آثار مثبت و ارزشمند این تغییرات، بروز هرگونه نقص و خطا در سیستم‌های کاری صنایع باعث هدررفت سرمایه‌های انسانی و مالی می‌شود که در بسیاری از موارد جبران‌ناپذیر است [۳]. به‌طوری‌که توجه جوامع بشری را به تأثیرات منفی آن معطوف کرده است [۴، ۵، ۶]. با این وجود، همچنان یکی از عمده‌ترین نگرانی‌ها با وجود تلاش‌های فراوان برای ارتقای ایمنی محیط‌های کاری، افزایش حوادث شغلی است [۶].

رویکردهای مبتنی بر ایمنی به‌طور گسترده‌ای در زمینه‌های صنعتی پذیرفته شده‌اند و نقش مهمی در اجتناب از حوادث از زمان هاینریش در دهه ۱۹۳۰ ایفا کرده‌اند؛ بنابراین، شناسایی و ارزیابی ریسک، از جمله مهم‌ترین اقداماتی است که در صنایع پرخطر نظیر صنایع نفت و گاز، صنایع حمل‌ونقل و راه‌آهن، صنایع هسته‌ای، صنعت هوانوردی، صنعت ساخت‌وساز و ... باید انجام شود [۷-۱۲]. در این نوع صنایع، ساختار سیستم‌های کاری آن ترکیب‌یافته از یک فناوری پیشرفته با وجوه مبهم اجتماعی است. معمولاً این نوع صنایع را در قالب یک سیستم پیچیده فنی-اجتماعی در نظر می‌گیرند [۱۳]. تعدادی از رویکردهای نظری و عملی نسبت به طراحی ایمن سیستم‌ها، یک دیدگاه فنی-اجتماعی را در پیش گرفته‌اند که شامل ماکرو ارگونومی، مهندسی سیستم‌های شناختی، یکپارچگی انسان-سیستم، مهندسی تاب‌آوری، تئوری سیستم‌ها و مدل‌سازی نظری و تئوری سیستم‌های فنی-اجتماعی است [۱۴-۲۰].

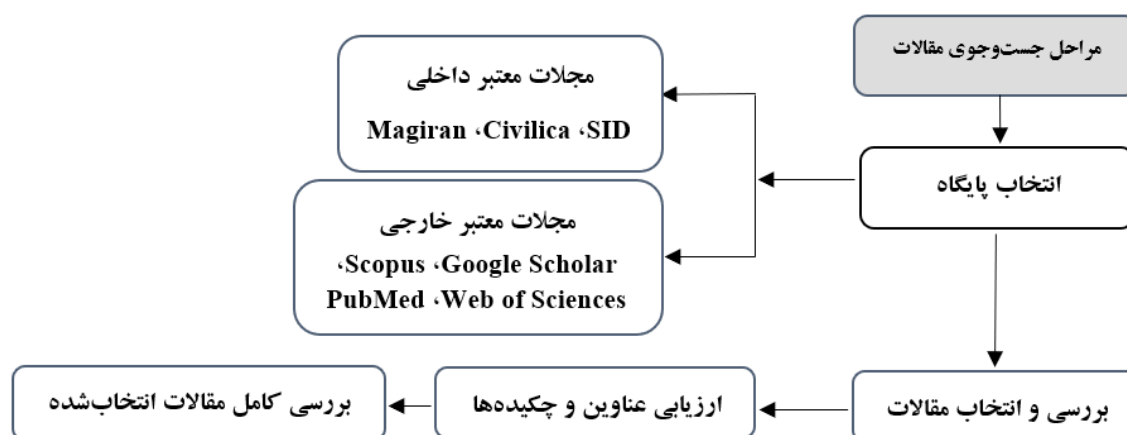
سیستم‌های مهندسی بزرگ و پیچیده مجموعه‌ای فراتر از مصنوعات تکنولوژیکی هستند. این سیستم‌ها بازتابی از ساختارها، روش‌های مدیریتی، رویه‌های کاری و فرهنگ سازمانی مجموعه‌ای هستند که آن را به وجود آورده‌اند [۲۱، ۲۲]. سیستم‌های فنی-اجتماعی شبکه یکپارچه‌ای از عناصر اجتماعی و فنی هستند که

همانند هر سیستم دیگری از طریق هدف مشترکی تعریف می‌شوند و همه عناصر سیستم برای دستیابی به این اهداف در یک مسیر مشخص مشارکت می‌کنند [۲۳، ۲۴]. یک سیستم پیچیده فنی-اجتماعی ممکن است در ابتدا شکل‌یافته و کارکردی نباشد و به‌مرور طی چندین مرحله تکامل و توسعه یابد. در نتیجه یکی از ویژگی‌های بارز رفتار یک سیستم پیچیده فنی-اجتماعی، نوپدیدی آن طی گذشت زمان است. از آنجاکه یک سیستم پیچیده فنی-اجتماعی غالباً ترکیبی از چندین سیستم مستقل است، می‌توان آن را یک سیستم با ساختار خیلی بزرگ نامید [۲۵].

مقوله مهم شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک محیط‌های کاری دربرگیرنده روش‌های گسترده‌ای است که به‌طور عمده بر علل ریشه‌ای حوادث متمرکز هستند [۲۶]. مقالات زیادی به‌منظور شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک در صنایع پرخطر ارائه شده است [۲۷]. جلوگیری از وقوع پیامدهای ناخواسته و دور از انتظار در یک سیستم کاری معمولاً حاصل تجربه فردی در یادگیری از اشتباهات و برون‌یابی خطی از حوادثی است که در گذشته رخ داده است [۲۵]. پس درک درست از ماهیت خطر و شیوه تعاملات آن با افراد، سازمان و جامعه در اولویت است [۲۸]. از این‌رو عملکرد ایمن سیستم‌های پیچیده فنی-اجتماعی مهم‌ترین پیش‌شرط برای اطمینان از پایداری آن‌هاست [۲۹]. در نتیجه افزایش عملکرد ایمنی سیستم و کاهش حوادث نامطلوب از چالش‌های اصلی پژوهشگران ایمنی است [۳۰]. هدف از این مطالعه، بررسی و تجزیه و تحلیل نگرش سنتی نسبت به ایمنی محیط کار در صنایع پرخطر است.

روش کار

برای جمع‌آوری و طبقه‌بندی داده‌ها، مقالات منتشرشده در مجلات و ارائه‌شده در همایش‌ها جست‌وجو شد. به‌منظور یافتن مقالات با محوریت نگرش سنتی نسبت به ایمنی محیط کار در صنایع پرخطر از پایگاه‌های جست‌وجوی اینترنتی و موتورهای جست‌وجو و



شکل ۱: نمودار بررسی مقالات

کامل مقالات مرتبط دریافت و جزئی تر بررسی شد. در نهایت ۲۸ مقاله انتخاب و کامل مطالعه شد (شکل ۱).

پایگاه‌های داده مختلف و موتورهای جستجو ویژگی‌ها و قابلیت‌های متفاوتی دارند؛ اما به‌طور کلی بیشتر جستجوها روی عنوان مقاله، کلمات کلیدی و انتزاعی انجام شده است. پس از انجام ترکیب‌های مختلف جستجوها، خواندن چکیده مربوطه و بررسی منابع ذکر شده، ۲۸ مقاله انتخاب شد. بیشتر این مقالات در ۱۵ سال اخیر منتشر شده‌اند. در نهایت بررسی تحت چهار عنوان موضوعی انجام شد که جنبه‌های مرتبط با ایمنی خاصی را برجسته می‌کنند و از مطالعه متون پدیدار شده‌اند (جدول ۱).

همچنین مطالعه کتابخانه‌ای استفاده شد. مقالات و مجلات پایگاه‌های اینترنتی معتبر خارجی شامل Scopus، Web of Sciences، PubMed و Google Scholar و پایگاه‌های اینترنتی فارسی شامل SID، Civilica و Magiran تا سال ۲۰۲۰ بررسی شدند. کلیدواژه‌های استفاده شده برای این جستجو عبارت بودند از: اصطلاح "Tradition" و کلمات کلیدی Accident، Safety، Workplace، Risk، Industry. در فرایند بررسی و انتخاب مقالات، منابع و مقالات غیرمرتبط با موضوع اصلی پژوهش حذف و در نهایت نتایج مقالات بررسی شده جمع‌بندی شد. در مجموع ۵۳ مقاله استخراج شد که پس از غربالگری آن‌ها از نظر محتوایی و موضوعی و حذف مقالات غیرمرتبط، متن

جدول ۱: موضوع، زمان و تعداد انتشار مقالات

ردیف	موضوع	< ۱۹۹۹	۲۰۰۰-۲۰۰۹	۲۰۱۰-۲۰۲۰
۱	حوادث و مصدومیت‌ها	Heinrich [7]	Hollnagel [31]	آفاجانی و همکاران [۳۲]، نقوی و همکاران [۳۳]، Khanzode و همکاران [۳۴]
۲	مدیریت ایمنی		Kuusisto [35] Vincoli [36]	Oster و همکاران [۱۱]، Alkaissy و همکاران [۱۲]، Aven [۲۶]، Hollnagel [۳۷]، Ball [۳۸]، Haslam و همکاران [۳۹]
۳	ارزیابی ریسک		Dulac [22]، Stroeve [40]	Escande و همکاران [۱]، موسوی و همکاران [۳]، امین‌بخش و همکاران [۴]، Dakkoun و همکاران [۵]، نقوی و همکاران [۸]، چراغی و همکاران [۴۱]، رضاخانی و همکاران [۴۲]
۴	سیستم فنی-اجتماعی	Cooper [27]	Carayon و همکاران [۱۳]	Carayon و همکاران [۴۳]، محقر و همکاران [۲۴]

یافته‌ها

رهایی از ریسک ناپذیرفتنی در ایمنی محیط کار

الف) تعاریف و مبانی نگرش سنتی به ایمنی

مسئله ایمنی یکی از مباحث مهم در محیط‌های کار است و مدیریت آن، به‌ویژه در صنایع پرخطر که با داشتن مشخصه‌های پیچیدگی و آسیب‌پذیری زیاد، جزء صنایع بحرانی محسوب می‌شوند، بسیار حائز اهمیت است. بررسی مطالعات جهانی در حوزه ایمنی نشان دهنده این موضوع است که حوادث بزرگ به وقوع پیوسته ناشی از فناوری و تکنولوژی حداقل ۱۰ برابر بیشتر از پیش بینی‌های انجام گرفته توسط محققان است [۴۴]. ایمنی سنتی یک دیدگاه انفعالی از سیستم را بازگو می‌کند که بر اساس آن نتایج موفقیت‌ها (عدم رویداد حوادث ناگوار) و شکست‌ها (رویدادها و حوادث ناگوار) به دلیل حالت‌های مختلف عملکردی است [۵۲]. پژوهشگران در کتب و متون تخصصی، ایمنی سنتی را به‌عنوان نبود پیامدهای ناگوار حوادث، صدمات و آسیب‌های فردی، میزان روزهای تلف‌شده و سایر قلمداد می‌کنند. ایمنی را می‌توان به‌عنوان حالتی تعریف کرد که در آن خطر آسیب به افراد یا آسیب به دارایی به یک سطح قابل قبول کاهش یابد. [۱۳].

تعریف ایمنی از دریچه نگاه و باور عموم مردم «دوری از نتایج ناخواسته و غیر قابل انتظار» است [۵۴]. در تعریفی دیگر، ایمنی عبارت است از: کنترل خطرات شناخته‌شده برای دستیابی به سطح قابل قبولی از ریسک [۸۳]. حادثه نیز یک رویداد ناخواسته ناشی از بروز یک یا چند رویداد ناموفق بیان می‌شود که بر سیستم، فرآورده، تجهیزات و کارکنان اثر منفی می‌گذارد [۶۳، ۵۳]. پس در نگرش سنتی به دنبال شناسایی علل قطعی حوادث، اجتناب از تکرار اشتباهات، حذف موقعیت‌های کاری حادثه‌خیز و در نتیجه کاهش آسیب‌ها به حداقل ممکن هستیم و ایمنی تنها با ثبات اجزای سیستم یا از بین بردن ریسک‌ها حاصل می‌شود [۵۴]. گاهی نگرش سنتی را «Safety-I» می‌نامند که روش‌ها و تکنیک‌های مرتبط با آن

سهم زیادی در افزایش ایمنی سیستم‌های صنعتی دارند [۸۲]. این روش‌ها و تکنیک‌ها ریسک را به‌عنوان مجموعه‌ای از وقایع توصیف می‌کنند که به‌صورت خطی در یک نظم خاص اتفاق می‌افتد [۱۳] و برای بسیاری از حالت‌ها و علت‌های خرابی طراحی شده‌اند. بسیاری از روش‌ها و تکنیک‌های ایمنی سنتی مدت‌های طولانی است که در صنایع مختلف استفاده می‌شوند. این روش‌ها سیستم را خطی و استاتیک فرض می‌کنند که نتیجه موفقیت‌ها و شکست‌های عملکردی است و به تجزیه و تحلیل خطر می‌پردازند (شکل ۲). حوادث در نتیجه وقوع رخدادهای نوظهور در سیستم به وقوع می‌پیوندند. آنچه مهم است، این است که سیستمی طراحی کرد تا ضمن درس گرفتن از نتایج حوادث گذشته سازمان، روشی را برای پیشگیری و به حداقل رساندن خسارات حوادث در صورت وقوع به کار گیرد [۶۴]. با وجود این، بیشتر روش‌های ایمنی سنتی دیگر جوابگوی نیاز فناوری‌ها و صنایع پیچیده نیستند؛ زیرا سیستم‌های پیچیده فنی-اجتماعی حالتی پویا با تعاملاتی غیرخطی هستند.

ب) مدیریت ریسک در محیط‌های کاری

پژوهشگران بسیاری علت حوادث را در مدیریت ریسک ایمنی جست‌وجو کرده‌اند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند بسیاری از ریسک‌های ایمنی که به حوادث منجر می‌شوند، در مرحله طراحی یا در سایت‌های کاری نیز قابل شناسایی نیستند؛ بنابراین، شناسایی



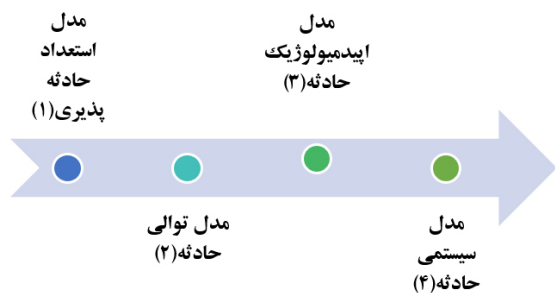
شکل ۲: مبانی نظری ایمنی سنتی [۲۸]

با توجه به الزامات و قوانین خاص حاکم صورت می گیرد. قوانین در سطوح مختلف با تلاش فراوان برای سازماندهی فعالیت های صنعتی در کل و به خصوص آن هایی که خطرناک تر به شمار می آیند، به این حساسیت عمومی پاسخ داده اند [۳]. درک و بازنمایی کامل یک سیستم توسط هر روشی در عمل غیرممکن است و سیستم را نمی توان ایده آل فرض کرد. از این رو نظرات ذی نفعان و انجام یک فرایند بازخورد انتقادی ضروری است. منظور از ذی نفعان سیستم، تمام عناصر اجتماعی هستند که سیستم بر آن ها تأثیر می گذارد یا از آن ها تأثیر می پذیرد.

ج) مدل سازی ریسک در محیط های کاری

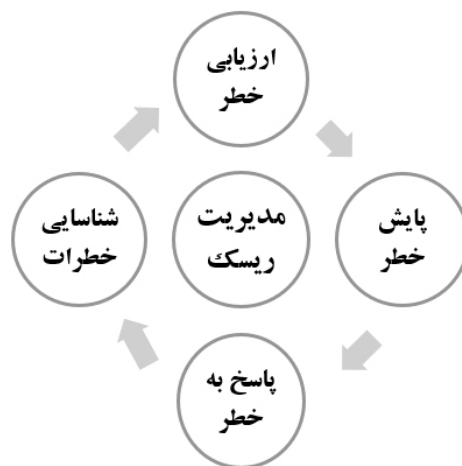
امروزه برای شناسایی، رتبه بندی، مدل سازی حوادث و کنترل ریسک های صنایع پرخطر تکنیک ها و روش های مختلفی برای تجزیه و تحلیل و مدل سازی حوادث توسط محققان ارائه شده است که هر کدام از آن ها با توجه به دامنه کاربردشان، نقاط قوت و ضعف خاصی دارند. روند شناسایی علل ریشه ای حوادث در صنعت از گذشته تا به امروز دوره های مختلفی را پشت سر گذاشته است که به ترتیب مدل استعداد حادثه پذیری، مدل توالی حادثه، مدل اپیدمیولوژیکی حادثه و مدل سیستمی حادثه را می توان نام برد (شکل ۴) [۳۴].

استعداد حادثه پذیری که اولین نسل از این مدل ها را تشکیل می دهد، خصوصیات فردی و رفتار ناایمن را مسئول بروز حوادث می داند و تأثیر قابل ملاحظه ای در توسعه روش های شناسایی



شکل ۴: سیر توسعه مدل های شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک [۲۱]

ریسک های ایمنی در سال های اخیر موضوع بسیاری از پژوهش ها بوده است. شناسایی خطرات، ارزیابی و مدیریت ریسک، قلب سیستم های مدیریتی مرتبط با HSE به شمار می رود و با استفاده از آن، ضمن شناسایی خطرات محیط کار می توان نسبت به اولویت بندی اقدامات اصلاحی و اختصاص منابع لازم برای این کار اقدام کرد [۱۴]. شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک روشی ساختاریافته برای شناسایی و اولویت بندی ریسک ها است. هدف مدیریت ریسک، شناسایی منشأ ریسک ها و عدم قطعیت ها، اثرات آن ها و ارائه پاسخ های مدیریتی مناسب به این ریسک ها است [۲۴]. مدیریت مؤثر ریسک شامل چهار فرایند شناسایی خطر، ارزیابی خطر، بررسی و پایش خطر و پاسخ به خطر است (شکل ۳). شناسایی خطرات اولین مرحله و مهم ترین مرحله از اجرای یک سیستم مدیریت ایمنی محسوب می شود؛ زیرا برای اجرای برنامه های مدیریتی ایمنی ابتدا باید خطرات را شناسایی کرد تا بتوان بر اساس آن، راه مقابله و حذف خطر را پیشنهاد داد و اهداف و برنامه های ایمنی و بهداشت خود را تنظیم کرد. هرچه این مرحله بهتر اجرا شود، سیستم مورد نظر قادر است عملکرد بهتری داشته باشد [۷۴]. روش های شناسایی و ارزیابی ریسک در هر سایت کاری باید متناسب با نوع فعالیت های انجام شده باشد که در بسیاری از صنایع،



شکل ۳: چرخه مدیریت ریسک [۴۸]

خطرات نداشته است؛ چراکه سرعت رشد فناوری در آن دوران آنقدر آهسته بود که یادگیری از تجربیات برای ارتقای ایمنی کافی به نظر نمی‌رسید [۲۱، ۳۴]. مدل‌های توالی حادثه بر پایه این فرض استوار هستند که حادثه از توالی زنجیره‌ای از رخدادها به وجود می‌آید و بین اثرات و حادثه به‌وقوع پیوسته رابطه علت و معلولی مشخصی وجود دارد. برخلاف نسل اول، این نسل از مدل‌های حادثه تأثیر بسیار گسترده‌ای بر مدل‌های واکاوی ریسک داشته‌اند؛ به گونه‌ای که بیشتر روش‌های مرسوم که امروزه برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی احتمالی ریسک استفاده می‌شوند، در همین دوران ریشه دارند [۴۹، ۵۰].

نسل سوم از مدل‌های حادثه پس از رخداد حادثه نیروگاه اتمی تری مایل آیلند ایالات متحده آمریکا در یک نیروگاه هسته‌ای در سال ۱۹۷۹، چرنوبیل روسیه در یک نیروگاه هسته‌ای در سال ۱۹۷۹، بوپال هند در یک شرکت تولید آفت کش در سال ۱۹۸۴ و پایپر آلفا انگلستان در یک سکوی نفتی در سال ۱۹۸۸ به موجب خطاهای انسانی و نواقص سایر اجزای تشکیل دهنده سیستم و اثر متقابل آن‌ها بر یکدیگر اتفاق افتاده‌اند. مهندسی قابلیت اطمینان با سرعت بیشتری به واقعیت‌های هفته‌ای واکنش نشان داد که پس از این حادثه آشکار شد [۲۵، ۲۱]. در سال ۱۹۷۹ به عامل انسانی توجه‌ای ویژه شد و به واسطه آن تکنیک‌های واکاوی قابلیت اطمینان انسانی همچون روش واکاوی خطای قابلیت اطمینان شناختی (ATHEANA, SHERPA, HET, HEART (CREAM و HEIST شکل گرفتند.

در بالا به سه نسل اول مدل‌های شناسایی خطرات اشاره شد که ریشه‌های نظری روش‌های تحلیل ریسک مرسوم هستند. نسل چهارم از مدل‌های شناسایی خطرات که به مدل‌های سیستماتیک ارزیابی و شناسایی ریسک شهرت دارند، پایه‌های تئوریک لازم برای توسعه روش‌های تحلیل ریسک سیستم‌های پیچیده فنی-اجتماعی را ایجاد کرده است. با توجه به تغییر رویکردهای مدیریت ایمنی، روش‌هایی که برای شناسایی خطرات و تحلیل ریسک

حوادث به کار گرفته شده‌اند نیز تغییر یافته‌اند. بیشتر روش‌های شناسایی خطر، در مدل‌های حادثه ریشه دارند [۵۱]. در واقع مدل‌های شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک تا قبل از دوره نگرش (مدل سیستمی حادثه) بر پایه فرضیات ایمنی سنتی پایه‌گذاری شده بودند که مبنای آن روابط علی و معلولی، ارتباطات بین گذشته و آینده، برگشت پذیری زمانی آن‌ها، تقارن، خطی بودن، تجزیه پذیری و پایداری است. در این نوع نگرش، بروز رخدادها در سیستم با اتکا بر اجزای سیستم بررسی می‌شود. فرایند مدل‌سازی ریسک مزایای فراوانی در کاهش حوادث دارد؛ یک مثال از آن اصل ALARP [۵۲] (به عنوان یک اصل قابل تحقق) است که بیان می‌کند ریسک‌ها باید تا حدی کاهش یابند که از نظر عملی، منطقی باشند. با توجه به تغییر رویکردهای مدیریت ایمنی، روش‌هایی که برای شناسایی خطرات و تحلیل ریسک حوادث به کار گرفته شده‌اند نیز تغییر یافته‌اند.

ه) محدودیت و ناکارآمدی نگرش سنتی

ایمنی سنتی بر اساس تجزیه و تحلیل حوادث و حالات شکست در صنایع پیچیده و محیط‌های خطرناک کارآمد نیست؛ زیرا این اصول معمولاً بر اهداف و جنبه‌های منفردی از سیستم تمرکز دارند یا در مدل‌سازی آن‌ها به ویژگی‌های خاص سیستم‌های پیچیده فنی-اجتماعی توجه نشده است و باید به سوی یک نگرش فعالانه در این زمینه جهت داده شود [۳۹]. متأسفانه در بیشتر صنایع پرخطر با نگرش سنتی نسبت به ایمنی محیط کار، موضوعات ایمنی سازمانی و تحلیل حوادث بر پایه خطی بودن و قطعی بودن علل بروز حوادث در یک زنجیره بنا نهاده شده‌اند که از خطای انسانی و اعمال نایمن ناشی می‌شود [۵۳]؛ بنابراین، نیاز به استفاده از رویکردهای نظری و عملی نوین برای توسعه ایمنی سیستم‌هاست تا طراحی سیستم به گونه‌ای باشد که ضمن درس گرفتن از نتایج حوادث گذشته سازمان، روشی را برای پیشگیری و به حداقل رساندن خسارات حوادث در صورت وقوع به کار گیرد [۵۴].

این در حالی است که برخلاف نگرش‌های سنتی که سیستم‌ها را به صورت استاتیک و مهارشدنی در نظر می‌گیرند، در

فنی-اجتماعی و عوامل تأثیرگذار انسانی، تکنولوژیکی و سازمانی بر ریسک نشان می‌دهد ایمنی خصوصیت تکوینی دارد، نه ویژگی منتج از سیستم؛ لذا نمی‌توان فقط از طریق ملاحظه اجزای تشکیل‌دهنده سیستم، آن را پیش‌بینی کرد. ایمنی نتیجه فعالیت است که سیستم انجام می‌دهد، نه آن چیزی (تجهیزات و وسایلی) که سیستم دارد؛ یعنی تلاش در فهم این نکته که چگونه یک سیستم می‌تواند به‌طور فعال اطمینان یابد که فرایندهای خود را تحت کنترل دارد. بر این اساس و برای رسیدن به این هدف، سیستم‌ها به جای آنکه قابل اطمینان باشند، باید رزینس طراحی شوند. به عبارت دیگر، در طراحی سیستم‌ها تنها به قابلیت اطمینان آن‌ها (کاهش احتمال نقص تا حد قابل قبول) توجه داشتن، کافی نیست؛ بلکه آن‌ها باید تاب‌آور باشند و قابلیت بازیابی تغییرات غیرعادی، اختلالات و ناسامانی شرایط کاری موردانتظار را داشته باشند [۵۹، ۶۰].

از دیدگاه روش‌های مرسوم واکاوی ریسک، اصول کارکردی سیستم مشخص است و پیچیدگی کمی دارد. بدین علت سیستم‌های فنی-اجتماعی را مهارشدنی (Tractable) فرض می‌کنند؛ یعنی در زمان تشریح سیستم، آن را پایا یا بدون تغییر در نظر می‌گیرند. با توجه به این دیدگاه، اصول عملکردی سیستم‌های فنی-اجتماعی تا حدی قابل شناسایی یا حتی در بعضی موارد غیر قابل شناسایی است؛ بنابراین، توصیف این سیستم‌ها پیچیدگی‌های خاص خود و نیاز به دقت بسیار زیادی در محاسبات دارد. در نتیجه تکنیک‌های سنتی ارزیابی ریسک به دلیل ماهیت استاتیک خود قادر به شناسایی و تشریح همه جوانب سیستم‌های مذکور نیستند [۶۰].

بحث و نتیجه‌گیری

در حال حاضر مشکل عمده ایمنی محیط‌های کاری در صنایع پرخطر این است که بیشتر روش‌های سنتی شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک به‌تنهایی جوابگوی نیاز فناوری پیچیده امروزی نیستند؛ زیرا نگرش سنتی در زمان ارزیابی، سیستم‌ها یا سازمان‌ها را

نگرش‌های جدید به دلیل دو ویژگی جفت‌شدگی شدید بین اجزا و تغییرپذیری عملکردی، بروز رخدادها در این سیستم‌ها غیر قابل ردیابی در نظر گرفته می‌شود [۵۵، ۵۶]؛ بنابراین، روش‌های مرسوم واکاوی ریسک برای ارزیابی ریسک‌های موجود در سیستم‌های فنی-اجتماعی مناسب نیستند و به همین دلیل لازم است یک روش ایمنی سیستم توسعه یابد که مفهوم تغییرپذیری عملکرد و ترکیبات متنوع آن‌ها را منعکس می‌کند [۵۷، ۵۸]. پیچیدگی و درهم‌تنیده‌تر شدن سیستم‌های صنعتی باعث شده است مفاهیم نگرش سنتی ایمنی به تناسب، توسعه و تغییر نیابد. روش‌های مرسوم واکاوی ریسک بیرون‌آمده از دل این مفاهیم نیز فرض بر این دارند که رویدادها را می‌توان به یکی از اشکال زنجیره یا توالی علت و معلول یا تصاعد ساده یا ترکیب این دو نمایش داد [۲۷].

سیستم‌ها به‌عنوان مفاهیمی پویا شناخته می‌شوند که طی گذشت زمان تغییر می‌کنند؛ بنابراین، محدود بودن و عدم دید جامع‌نگر از کل فرایند یک سیستم توسط نگرش سنتی، زمینه را برای توسعه یک دیدگاه جدید و کارا فراهم کرده است که بتواند همه عوامل تأثیرگذار بر ریسک را تحت کنترل درآورد. در این شرایط است که پارادایم‌های جدید ایمنی ظهور و توسعه می‌یابند. ناکارآمدی روش‌های تحلیل ریسک منتج‌شده از مدل‌های حادثه رویدادمحور، در تحلیل صحیح ریسک سیستم‌های پیچیده فنی-اجتماعی، در منطق ناکارآمد و به‌روز نشده این مدل‌ها در تحلیل علت وقوع حوادث ریشه دارد (شکل ۵).

نتایج تحقیقات درباره نقص و خطا در سیستم‌های پیچیده

تعریف ایمنی	اشتباه و خطا قطعی در سیستم
مدیریت ایمنی	واکنشی/کنشی
ارزیابی خطر	نقص یا خرابی سیستم
بررسی حوادث	مقصریابی نقص یا خرابی
عامل انسانی	انسان عامل یا مسئول خطر

شکل ۵: ویژگی‌های نگرش سنتی به ایمنی [۳۷]

تجزیه و تحلیل حوادث لزوماً محصول تجربیات جمع آوری شده هستند، همواره تأخیری بین تغییرات در دنیای واقعی و تغییرات مربوطه، تجدید یا به روزرسانی مدل ها و روش ها وجود خواهد داشت. به عبارت دیگر، حتی اگر خطرات یک سیستم به طور کامل در یک نقطه زمانی درک شده باشد، این برای تضمین یک وضعیت ایمن در آینده جای بحث و چالش دارد.

قدردانی

مطالعه حاضر حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد با شماره طرح ۸۷۵۹ و کد اخلاق در پژوهش های پزشکی IR.MAZUMS.. REC.1400.8759 در کمیته اخلاق معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران تصویب شده است. نویسندگان مقاله مراتب سپاس خود را از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران به خاطر حمایت از این طرح اعلام می دارند.

تعارض در منافع

نویسندگان این مقاله هیچ گونه تضاد منافی با هیچ شخص یا سازمانی ندارند.

References

1. Escande J, Proust C, Le Coze JC. Limitations of current risk assessment methods to foresee emerging risks: Towards a new methodology? J Loss Prev Proc Ind 2016; 43: 730-5.
2. Pouyakian M, Khatabakhsh A, Jafari M. Analysis of hazard identification and risk assessment studies with the approach to assessing risk control measures since 2001 to 2017: a systemic review. Iran Occup Health 2020; 16(6): 1-15.
3. Mousavi SM, Assareh M. Risk management industries using different risk assessment methods. The second scientific conference on refining process engineering and petrochemicals, Tehran, Iran; 2014.
4. Aminbakhsh S, Gunduz M, Sonmez R. Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects. J Saf Res 2013; 46: 99-105.
5. Dakkoune A, Vernières-Hassimi L, Leveneur S, Lefebvre D, Estel L. Risk analysis of French chemical industry. Saf Sci 2018; 105: 77-85.
6. Naghavi KZ, Mortazavi SB, Asilian MH, Hajizadeh E. Exploring the contributory factors of confined space accidents using accident investigation reports and semistructured interviews. Saf Health Work

- 2019; 10(3): 305-13.
7. Heinrich HW. Industrial accident prevention. a scientific approach. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.; 1941. P. 448.
8. Naghavi-Konjin Z, Mortazavi SB, Asilian-Mahabadi H, Hajizadeh E. Ranking the occupational incident contributory factors: a Bayesian network model for the petroleum industry. *Proc Saf Environ Protect* 2020; 137: 352-7.
9. Ryan B, Golightly D, Pickup L, Reinartz S, Atkinson S, Dadashi N. Human functions in safety - developing a framework of goals, human functions and safety relevant activities for railway socio-technical systems. *Saf Sci* 2021; 140: 105279.
10. Hamer R, Waterson P, Jun GT. Human factors and nuclear safety since 1970 – A critical review of the past, present and future. *Saf Sci* 2021; 133: 105021.
11. Oster CV, Strong JS, Zorn CK. Analyzing aviation safety: problems, challenges, opportunities. *Res Transport Econ* 2013; 43(1): 148-64.
12. Alkaissy M, Arashpour M, Ashuri B, Bai Y, Hosseini R. Safety management in construction: 20 years of risk modeling. *Saf Sci* 2020; 129: 104805.
13. Carayon P. Human factors of complex sociotechnical systems. *Appl Ergon* 2006; 37(4): 525-35.
14. Hendrick HW, Kleiner BM. Macroergonomics: theory, methods, and applications. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers; 2002. P. 1-401.
15. Hollnagel E, Woods DD. Cognitive systems engineering: new wine in new bottles. *Int J Man Machine Stud* 1983; 18(6): 583-600.
16. Rasmussen J, Pejtersen AM, Goodstein LP, Reising DV. Book review--cognitive systems engineering. *Int J Aviation Psychol* 1999; 9(3): 291-302.
17. Booher HR. Handbook of human systems integration. New Jersey: John Wiley & Sons; 2003.
18. Hollnagel E, Woods DD, Leveson N. Resilience engineering: concepts and precepts. Farnham: Ashgate Publishing, Ltd.; 2006.
19. Leveson NG. Engineering a safer world: systems thinking applied to safety. Massachusetts: The MIT Press; 2016.
20. Coakes E, Coakes J. A meta-analysis of the direction and state of sociotechnical research in a range of disciplines: For practitioners and academics. *Int J Sociotechnol Knowl Dev* 2009; 1(1): 1-52.
21. Dehghan Nejad A, Gholamnia R, Alibabae A. The crisis of risk analysis in complex socio-technical systems a literature review Part A: dependency between common risk analysis methods and obsolete accident models. *Iran Occup Health J* 2016; 13(4): 62-76.
22. Dulac N. A framework for dynamic safety and risk management modeling in complex engineering systems. [Doctoral Dissertation]. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology; 2007.
23. Bijker WE, Hughes TP, Pinch TJ. The Social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology. Massachusetts: MIT Press; 1987.
24. Mohaghar A, Ansari M, Moghaddam MR, Mood MM. A meta synthesis of the modeling methods of complex socio-technical systems with a multi paradigm-multi methodology approach. *J Ind Manag* 2018; 10(29): 247-78.
25. Hollnagel E. Safer complex industrial environments. Florida: CRC Press; 2010. P. 37-57.
26. Aven T. Risk assessment and risk management: review of recent advances on their foundation. *Eur J Operat Res* 2016; 253(1): 1-13.
27. Cooper R, Foster M. Sociotechnical systems. *Am Psychol* 1971; 26(5): 467-74.
28. Hollnagel E. Safety-I and safety-II: the past and future of safety management. Florida: CRC Press; 2018.
29. Ham DH, Park J. Use of a big data analysis technique for extracting HRA data from event investigation reports based on the safety-II concept. *Reliabil Eng Syst Saf* 2020; 194: 106232.
30. Grant E, Salmon P, Stevens N, Goode N, Read G. Back to the future: what do accident causation models tell us about accident prediction? *Saf Sci* 2018; 104: 99-109.
31. Hollnagel E. Barriers and accident prevention. London: Routledge; 2016.
32. Aghajani Aliabadi Z, Soltanzadeh A, Ghiyasi S. Evaluating the effectiveness of contractor safety training in reducing work-related accidents. *J Occup Hyg Eng* 2020; 7(4): 23-30.
33. Naghavi-Konjin Z, Mortazavi SB, Mahabadi HA, Hajizadeh E. Identification of factors that influence occupational accidents in the petroleum industry: a qualitative approach. *Work Preprint* 2020; 67(2): 419-30.
34. Khanzode VV, Maiti J, Ray PK. Occupational injury and accident research: a comprehensive review. *Saf Sci* 2012; 50(5): 1355-67.
35. Kuusisto A. Safety management systems Audit tools and reliability of auditing. Finland: VTT Publications; 2000. P. 4-174.
36. Vincoli JW. Basic guide to system safety. New Jersey: John Wiley & Sons; 2006.
37. Hollnagel E, Wears RL, Braithwaite J. From safety-I to safety-II: a white paper. The resilient health care

- net: published simultaneously by the University of Southern Denmark, University of Florida, USA, and Macquarie University, Australia; 2015.
38. Ball DR, Frerk C. A new view of safety: safety 2. *Br J Anaesth* 2015; 115(5): 645-7.
 39. Haslam C, O'Hara J, Kazi A, Twumasi R, Haslam R. Proactive occupational safety and health management: Promoting good health and good business. *Saf Sci* 2015; 81: 99-108.
 40. Stroeve SH, Bakker GJ. Safety risk analysis of runway incursion alert systems in the tower and cockpit by multi-agent systemic accident modelling. 7th USA/Europe Air Traffic Management Seminar, Barcelona, Spain; 2007.
 41. Cheraghi M, Omidvar B, Eslami BA, Jafari HR, Younesi AM. Corrective actions selection in the safety risk management process using mathematical modeling. *J Health Saf Work* 2018; 8(3): 283-98.
 42. Rezakhani P. Fuzzy risk analysis model for construction projects. *Int J Civil Struct Eng* 2011; 2(2): 516-31.
 43. Carayon P, Hancock P, Leveson N, Noy I, Sznclwar L, van Hoogtem G. Advancing a sociotechnical systems approach to workplace safety--developing the conceptual framework. *Ergonomics* 2015; 58(4): 548-64.
 44. Lannoy A. Limites, insuffisances et apports des approches probabilistes actuelles: quelles leçons tirer? Risques majeurs, incertitudes et décisions. Paris: MA Editions-Eska; 2016.
 45. Bastan O, Fiedler P, Benesl T, Arm J. Redundancy as an important source of resilience in the safety II concept. *IFAC Papers Online* 2019; 52(27): 382-7.
 46. Ahmadvand A, Arjmandi R, Mohammadi A, Mazlumi A, Mirzahosseini SA. A systematic review of factors affecting HSE management on performance assessment evaluation based on resilience engineering (a case study in an automobile manufacturing company). *J Health Saf Work* 2020; 10(4): 460-76.
 47. Ebrahimpour M, Halvani G, Mortazavi M, Soltani R. Assessment of potential hazards by failure modes and effect analysis (FMEA) method in Shiraz Oil Refinery. *Occup Med Quart J* 2011; 3: 16-23.
 48. Božek S. Risk evaluation in the risk management proces. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania; 2014.
 49. Samadi J. Development of a systemic risk management approach for CO2 capture. [Doctoral Dissertation]. Paris: Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris; 2012.
 50. Stroeve SH, Sharpanskykh A, Blom HA. Literature survey of safety modelling and analysis of organizational processes. Bangalore, India: National Aerospace Laboratory; 2007.
 51. Villa V, Paltrinieri N, Khan F, Cozzani V. Towards dynamic risk analysis: a review of the risk assessment approach and its limitations in the chemical process industry. *Saf Sci* 2016; 89: 77-93.
 52. Bahrami S, Sotodeh A, Jamshidi N, Elmi M. ALARP principle and provide a conceptual model for risk management. International Development Conference Focusing on Agriculture, Environment and Tourism, Tabriz, Iran; 2015.
 53. Abech MP, Berg GA, Delis MG, Guimaraes LBM, Woods DD. Analyzing resilience of an oil distribution plant. IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium, Charlottesville, VA, USA; 2006.
 54. Jafari Nodoushan R, Jafari MJ, Shirali GA, Khodakarim S, Khademi Zare H, Hamed Monfared AA. Identifying and ranking of organizational resilience indicators of refinery complex using fuzzy TOPSIS. *Health Saf Work* 2017; 7(3): 219-32.
 55. Omidvar M, Mazlomi A, MohammadFam I, Rahimi Foroushani A, Nirumand F. Development of a framework for assessing organizational performance based on resilience engineering and using fuzzy AHP method: a case study of petrochemical plant. *J Health Saf Work* 2016; 6(3): 43-58.
 56. Dekker S, Hollnagel E, Woods D, Cook R. Resilience engineering: new directions for measuring and maintaining safety in complex systems. Ljungbyhed: Lund University School of Aviation; 2008.
 57. Erik H. FRAM: the functional resonance analysis method: modelling complex socio-technical systems. Florida: CRC Press; 2017.
 58. Hollnagel E, Hounsgaard J, Colligan L. FRAM-the functional resonance analysis method: a handbook for the practical use of the method. Odense, Denmark: University of Southern Denmark; 2014.
 59. Dekker S, Hollnagel E, Woods D, Cook R. Resilience engineering: new directions for measuring and maintaining safety in complex systems. Ljungbyhed: Lund University School of Aviation; 2008.
 60. Shirali GA, Ebrahipour V. Proactive risk assessment to identify emergent risks using functional resonance analysis method (FRAM): a case study in an oil process unit. *Iran Occup Health* 2013; 10(6): 33-46.