مجله دانشگاه علوم پزشکی جیرفت

سال ۱ (۱)، خرداد ۱۳۹۳، صفحه ۵۸-۴۹

مقاله پژوهشی

آنالیز خطر در کارخانه صنعتی خانه‌های پلی ون با استفاده از روش FMEA

مصطفی محمدیان[۱]، ناصر هاشمی‌نژاد[۲]*

[۱]مربی، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی جیرفت. جیرفت، ایران.

[۲]استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، ایران.

چکیده

مقدمه: تولید و مونتاژ سازه سبک پلی‌ون، صنعتی جدید است. با پیشرفت تکنولوژی و ایجاد صنایع جدید، امکان ظهور خطرات جدیدی به تبع آن وجود دارد؛ لذا این مطالعه به منظور مدیریت ریسک خطرات ناشی از این تکنولوژی که هنوز در ابتدای فعالیت کاری خود در ایران می باشد، شکل گرفت.

روش کار: این مطالعه از نوع کاربردی بوده و به منظور شناسایی و الویت بندی خطراتِ تجهیزات فرآیندی در سطح چهار کارگاه موجود در کارخانه صنعتی خانه‌های پلی‌ون با استفاده از روش FMEA اجرا شد. به کمک این روش اثرات خطر بالقوه روی سیستم در تولید، چگونگی ایجاد خطر، نرخ خطر، شدت خطر و راه‌های کنترل خطرات ارائه شدند.

یافته‌ها: در این مطالعه تعداد خطرات شناسایی و بررسی شده ۱۳۷ مورد بود؛ که ۶۰ مورد به عنوان خطرات دارای ریسک بارز آسیب‌رسانی (RPN>300) شناخته شدند. محدوده RPN به‌دست آمده بین ۱۶۲ تا ۷۲۰ بود، که در بین خطرات بررسی شده استفاده از مشعل بدون کنترل ایمنی ، سقوط بار از جرثقیل سقفی ومواجهه با بخار آب، گازها و بخارات شیمیایی در عملیات تزریق فوم به ترتیب دارای بیش‌ترین عدد الویت ریسک بودند.

نتیجه گیری: با توجه به نوپا بودن تکنولوژی ساخت سازه‌های سبک پلی‌ون، می‌توان با مدیریت ریسک سیستم و پیاده‌سازی یک سیستم مستندسازی برای ثبت خطرات تجهیزات و رویدادها، اطلاعات پایه مورد نیاز برای بررسی‌های ایمنی بعدی را به نحو مطلوبی حفظ کرده و هم‌چنین با انجام تعمیرات و بازرسی‌ها پیشگیرانه احتمال وقوع خطرات و پیامدهای ناشی از آن‌ها را به حداقل رساند.

کلید واژه‌ها: آنالیز خطر، FMEA، مدیریت ریسک

اطلاعات مقاله

دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۸

پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۳۱

***مولف مسئول:**

ایران،کرمان، جاده‌ی هفت باغ علوی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، دانشکده‌ی بهداشت، گروه بهداشت حرفه‌ای

تلفن:

۰۳۴۱-۳۲۰۵۱۱۲

۰۹۱۳۳۴۳۹۲۷۳

پست الکترونیک:

n_hasheminejad@kmu.ac.ir

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-10-14]

Journal of Jiroft University of Medical Sciences

Vol. 1, No. 1, March 2014, P.49-58

Original Article

Hazard Analysis in Poly Van House Factory Using FMEA Method

Mostafa Mohammadian[1], Naser Hashemi Nejad[2*]

[1]Lecturer, Occupational Health Engineering, Jiroft University of Medical Sciences, Jiroft, Iran
[2]Assistant Professor, Occupational Health Engineering Department, Faculty of Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

Abstract

Introduction: Production and assembly of Poly Van light structures is a new industry. Unknown hazards may be seen during use of new technologies and industries. This study was done in order to identify the risk management of this hazards resulting from the new technology in Iran.
Methods: This practical study was done at four major units of Poly Van House factory using FMEA method for identification and prioritization of hazards in equipment related to the production process. This method helped researchers to identify effects of potential hazards on the production system, source of hazards, hazard rate, and severity of hazards in the workplace.
Results: In this study a number of 137 hazards were identified, that 60 of them were known as hazards with significant risk (RPN>300). Range of calculated RPN was between 162 and 720. Among evaluated hazards, high risk priority numbers were seen in hazardous operation and equipment respectively as follows: furnace torch without safety control, load falling from overhead crane, exposure to the chemical gases and vapors arising from foam injection operations. Contacting hot metal sheets in resistance welding has the minimum risk priority number.
Conclusion: With drew attention to the key point that production of Poly Van light structures is a new technology, a good hazard record keeping and documentation system related to incidents and equipments can produce basic information for later safety analysis. Also we can minimize possibility of occurring hazards and their outcomes with more safety inspections and preventive maintenance.

Keywords: Hazard Analysis, FMEA Method, Risk Management

Article Info
Received: Apr. 17, 2014
Accepted: May. 21, 2014

***Corresponding Author:**
Iran, Kerman, Haft Bagh-e-Alavi Road, Kerman University of Medical Sciences, Faculty of Health, Occupational Health Engineering Department

Tel:
+983413205112
+989133439273

Email:
n_hasheminejad@kmu.ac.ir

Vancouver referencing:

Mohammadian M, Hashemi Nejad N . Hazard Analysis in Poly Van House Factory Using FMEA Method. *Journal of Jiroft University of Medical Sciences* 2014; 1(1): 49-58.

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-10-14]

مقدمه

در طول تاریخ تمدن بشر، نیاز به مسکن همواره در زمره نیازهای اساسی برای انسان مطرح بوده و هست. از اواسط قرن اخیر با ازدیاد جمعیت جهان و نیاز به توسعه سریع شهرها، استفاده از تکنولوژی‌های جدید در صنعت ساختمان‌سازی بیش از پیش احساس گردید. استفاده از قطعات ساختمانی پیش‌ساخته که یکی از آخرین پدیده‌های صنعت ساختمان به شمار می‌رود، از جمله این دستاوردها است که به کمک این روش، سرعت فوق‌العاده‌ای در اجرای پروژه‌های ساختمانی به وجود آمد و حاصل آن فشرده شدن جداول زمانی اجرای پروژه‌های ساختمان‌سازی بوده است. در کشور ایران نیز چند سالی است که این مصالح معرفی شده و به صورت موردی جایگزین سیستم‌های متداول گردیده‌اند. سازمان‌ها، دانشگاه‌ها و مؤسسات دولتی و تحقیقاتی با آزمایشات و تأییدیه‌های مختلف سعی در معرفی و وارد کردن این قبیل روش‌های ساخت و مصالح مورد نیاز آن‌ها به بازار مسکن کشور نموده‌اند.

مدیریت ایمنی فرآیند روشی است که با به کارگیری سیستم‌ها و اصول مدیریتی جهت شناسایی، درک و کنترل خطرات فرآیندی به منظور پیشگیری از رویدادها و صدمات ناشی از فرآیند مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱). به منظور شناسایی خطرات روش‌های متفاوتی وجود دارد که با توجه به مرحله توسعه فرآیند در چرخه حیات سیستم، پیچیدگی سیستم، نوع فرآیند، موقعیت محل، فرهنگ سازمانی، تجربه پرسنل کارخانه و تخصص اعضای تیم شناسایی خطرات قابل کاربرد است (۱, ۲). روش تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA[1]) به عنوان یک تکنیک معتبر در بین تکنیک‌های آنالیز خطر معرفی شده است (۳). هدف از FMEA در یک فرآیند، پیشگیری از وقوع حادثه است. به بیان دیگر با بهینه‌سازی فرآیندها و محصولات باعث کاهش قابل ملاحظه در خسارات مادی و صدمات انسانی ناشی از حوادث ناخواسته می شود. FMEA یک روش کیفی و استقرایی در شناسایی خطرهای اجزاء یک سیستم و ارزشیابی اثرات حالات خطرهای اجزاء مختلف یک سیستم می‌باشد که به منظور حذف یا کاهش احتمال وقوع خطر و مستندسازی آن‌ها در سیستم تحت بررسی اجرا می شود (۴, ۵). هدف FMEA افزایش قابلیت اطمینان فرآیند از طریق پیشگیری از بروز نقص‌های شناسایی شده سیستم و کاهش پیامدهای نامطلوب ناشی از آن‌ها است. FMEA یک روش نسبتاً وقت‌گیر بوده و نیازمند اطلاعات دقیق و ریز در مورد سیستم تحت بررسی است (۶- ۸).

از آنجایی که در این روش پیشنهادات و اقدامات اصلاحی در مراحل اولیه توسعه فرآیند ارائه می‌شود، تغییرات نسبتاً ساده و کم هزینه هستند (۹, ۱۰). در نتیجه فرآیندی قوی و خلل‌ناپذیر و بدون شرایط بحرانی به وجود می‌آید که احتمالاً تا پایان چرخه حیات سیستم نیاز به اصلاح مجدد ندارد (۹). امروزه این تکنیک نه تنها در انتخاب تجهیزات و ماشین‌آلات به عنوان یک وسیله کارآمد به کار می‌رود، بلکه به عنوان ابزار مناسبی برای انتخاب تکنولوژی تولید یک محصول نیز مطرح است (۹, ۱۱). عربیان و همکاران با استفاده از روش FMEA به تجزیه‌وتحلیل خطاهای سیستم توربین‌های بادی پرداختند؛ و به وسیله این تکنیک، راهکارهایی برای ارتقاء طراحی توربین‌های بادی ارائه نمودند (۱۲). توانمندی FMEA در تجزیه‌وتحلیل خطرات به حدی است که از این تکنیک در صنایع با ریسک آسیب‌رسانی بالا مانند صنعت هوانوردی و نیروگاه اتمی به منظور پیشگیری از وقوع حوادث استفاده می‌شود (۱۳, ۱۴). کارآمدی روش FMEA موجب شده است که علاوه بر صنایع در مراکز بهداشتی و درمانی نیز از آن به منظور بهبود وضعیت ایمنی بیماران و ارائه خدمات اضطراری پزشکی استفاده شود (۱۴-۱۷). علاوه بر این FMEA یک تکنیک

[1]Failure Mode Effect Analysis

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-10-14]

سودمند برای برنامه ریزی و اجرای سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه[2] می‌باشد، به نحوی که در صنایع گوناگونی از آن استفاده می‌شود (۱۸).

در زمینه استفاده از روش نوین Poly Van House مطالعات گسترده‌ای انجام شده است. نتایج حاصل از این مطالعات از یک سو و تجربیات اجرایی ساخت‌وساز با روش‌های متداول از سوی دیگر و نیز افزایش متقاضیان مسکن و کاهش توانایی پرداخت هزینه بالای ساخت مسکن گویای این واقعیت بود که جایگزینی این روش کم هزینه با روش‌های متداول بسیار ضروری می‌باشد. اما متاسفانه در کشور ما آن‌چنان که باید به عوارض جنبی استفاده از تکنولوژی‌های جدید از جمله خطرات و خسارات مربوط به آن‌ها توجه جدی نشده و این کوتاهی می‌تواند زیان‌های غیرقابل جبرانی به نیروی انسانی و اقتصاد ملی وارد کند. لذا این مطالعه با هدف مدیریت خطرات ناشی از تکنولوژی ساخت قطعات پیش‌ساخته ساختمان که جدیداً در کشور مورد استفاده قرار گرفته است، شکل گرفت.

روش کار

این مطالعه از نوع کاربردی بوده و در سطح چهار کارگاه موجود در کارخانه صنعتی خانه‌های پلی‌ون شامل کارگاه‌های کول‌فرمینگ، درب و پنجره سازی UPVC، کارگاه تولید درب فرمینگ و تولید پرکننده‌های سبک اجرا شد. شناسایی و ارزیابی خطرات در کارخانه صنعتی پلی‌ون به وسیله روش FMEA انجام گرفت. دلیل انتخاب این روش این بود که سیستم‌های مورد بررسی بیشتر از اجزای مکانیکی تشکیل شده اند و نقش فرآیندهای شیمیایی در آنها کم می‌باشد. در ابتدای مطالعه تیم FMEA شامل مسئول فنی کارخانه (مهندس تولید)، مهندس مکانیک و سرپرستی متخصص بهداشت حرفه ای تشکیل شد. برای پیاده‌سازی این تکنیک ۱۰ گام اجرایی FMEA (۱۹) به شرح زیر به اجرا در آمد :

گام اول: آگاهی و مرور فرآیند

با توجه به اینکه در روش FMEA نیاز به کسب اطلاعات دقیق و جزئی در خصوص سیستم می‌باشد. بنابراین در شروع کار آگاهی کامل از کل فرآیند تولید سازه‌های سبک پلی‌ون توسط تیم FMEA حاصل گردید و فرآیند کار در سطح چهار کارگاه تحت آنالیز، بررسی و اطلاعات جزئی تجهیزات و دستورالعمل‌های مرتبط با تجهیزات جمع‌آوری گردید.

گام دوم: تعیین الگوی خطرات بالقوه

پس از شناخت فرآیند و تجهیزات به ویژه دستگاه‌های مدرن و جدید، اعضای گروه با توجه به شواهد و مدارک و در طی جلسات طوفان ذهنی[3]، به سناریوسازی الگوی خطر بالقوه سیستم پرداختند. نتایج به‌دست آمده در کاربرگ FMEA ثبت شد.

گام سوم: فهرست کردن آثار خطرات بالقوه

فهرست‌نویسی مطابق طبقه‌بندی مصوب دهمین کنفرانس جهانی آمارشناسان کار (۲۰) و براساس نوع و نحوه به وجود آمدن اثرات خطر به شرح زیر صورت پذیرفت:

۱. آسیب‌های جزئی و زخم‌های باز
۲. شکستگی‌ها
۳. دررفتگی‌ها، رگ‌به‌رگ شدن‌ها و کشیدگی‌ها
۴. قطع عضوهای ضربه‌ای (شامل ضربه به چشم)
۵. صدمه و آسیب‌های داخلی
۶. سوختگی‌ها، خورندگی‌ها، سوختگی با آب جوش و یخ زدگی‌ها
۷. مسمومیت‌ها و عفونت‌های حاد
۸. دیگر انواع مشخص آسیب
۹. ماهیت آسیب‌های مشخص نشده

گام چهارم: اختصاص درجه شدت[4] برای اثرات خطرات بالقوه

[2] Preventive Maintenance

[3] Brainstorming
[4] Severity

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-10-14]

تیم FMEA با توجه به این نکات که اولاً ارزیابی شدت اثر می‌بایست براساس آگاهی و خبرگی افراد گروه انجام شود و دوم اینکه هر خطر آثار مختلفی دارد و میبایست اثر خطر را درجه بندی کرد نه خطر را؛ و سوم برای خطراتی که می‌توانند چندین اثر داشته باشند، هر اثر دارای درجه شدت خودش می باشد؛ نمره عددی شدت اثر را برای خطرات شناسایی شده براساس جدول شماره ۱ تعیین کردند.

جدول ۱: رتبه‌بندی خطرات براساس شدت خطر

رتبه	شدت خطر	شرح خطر
۱	هیچ	بدون اثر بر انسان
۲	خیلی جزئی	اثر خیلی جزئی دارد مانند خراش‌های سطحی
۳	اثرات جزئی	اثر جزئی بر جای می‌گذارد مثل خراش دست به هنگام کار با سطوح زبر
۴	خیلی کم	شدت خیلی کم است ولی بیشتر افراد آن را احساس می‌کنند مانند نشت جزئی گاز
۵	کم	شدت کم است مانند ضربدیدگی ، آثار پوستی خفیف
۶	متوسط	شدت متوسط است مانند ضربدیدگی، آثار پوستی یا ریوی یا چشمی خفیف
۷	زیاد	شدت زیاد است همانند سوختگی‌ها
۸	خیلی زیاد	شدت جبران ناپذیر است-عدم توانایی انجام وظیفه اصلی، از دست دادن یک عضو بدن مانند چشم یا مشکلات ریوی زیاد یا مشکلات پوستی شدید
۹	خطرناک – با هشدار	شدت بسیار زیاد است به طوری که احتمال مرگ وجود دارد
۱۰	خطرناک – بدون هشدار	بالاترین شدت است حتماً خطر مرگ

گام پنجم: اختصاص درجه احتمال وقوع[5] برای هر خطر بالقوه

برای تعیین درجه وقوع، در مواردی که داده‌های واقعی در مورد یک خطر در جدول وجود نداشت (جدول ۲)، تیم FMEA بالاترین درجه وقوع شکست را در نظر گرفتند. البته در اکثر موارد افراد تیم دلیل ایجاد خطر را از مصاحبه حضوری با مهندسین، کارگران با تجربه و واحد تعمیرات کارخانه کشف می‌کردند و به این ترتیب سنجش درجه وقوع خطر بهتر صورت پذیرفت.

جدول ۲: رتبه‌بندی خطرات براساس احتمال وقوع خطر

رتبه	احتمال رخداد خطر	شرح نرخ های احتمالی خطر
۱	بعید- خطر نامحتمل است	کمتر از ۱ در ۱۵۰۰۰۰۰
۲	کم-خطرهای نسبتا نادر	۱ در ۱۵۰۰۰۰۰
۳		۱در ۱۵۰۰۰
۴	متوسط-خطرهای موردی	۱ در ۲۰۰۰
۵		۱ در ۴۰۰
۶		۱ در ۸۰
۷	زیاد-تکراری	۱ در ۲۰
۸		۱ در ۸
۹	بسیار زیاد –خطر تقریبا اجتناب ناپذیر است	۱ در ۳
۱۰		۱ در ۲ یا بیشتر

جدول ۳: احتمال کشف خطر

رتبه	قابلیت کشف	معیار: احتمال کشف خطر
۱	تقریبا حتمی	تقریبا بطور حتم با کنترل‌های موجود خطر بالقوه ردیابی وآشکار می‌شود.
۲	خیلی زیاد	احتمال خیلی زیاد وجود دارد که با کنترل‌های موجود خطر بالقوه ردیابی وآشکار شود.
۳	زیاد	احتمال زیادی وجود دارد که با کنترل‌های موجود خطر بالقوه ردیابی وآشکار شود.
۴	نسبتا زیاد	احتمال نسبتاً زیادی وجود دارد که با کنترل-های موجود خطر بالقوه ردیابی وآشکار شود
۵	متوسط	در نیمی از موارد احتمال دارد که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۶	کم	احتمال کمی دارد که با کنترل‌های موجود، خطر ردیابی وآشکار شود
۷	خیلی کم	احتمال خیلی کمی وجود دارد که با کنترل-های موجود، خطر ردیابی وآشکار شود.
۸	ناچیز	احتمال ناچیزی وجود دارد که با کنترل‌های موجود، خطر ردیابی وآشکار شود.
۹	خیلی ناچیز	احتمال خیلی ناچیزی وجود دارد که با کنترل-های موجود، خطر ردیابی و آشکار شود.
۱۰	مطلقا هیچ	هیچ کنترلی وجود ندارد و یا در صورت وجود قادر به کشف خطر بالقوه نیست

[5] Occurrence

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-10-14]

جدول ٤: تعیین سطح ریسک برای الویت اقدام اصلاحی

(RPN)	سطح ریسک	فعالیت و برنامه‌ی زمان‌بندی
۰-۲۰۰	جزیی	نیازی به اقدامی و هم‌چنین نگهداری سوابق نیست.
۲۰۰-۳۰۰	قابل قبول	کنترل بیش‌تری نیاز نیست. باید به راه حل مقرون به صرفه توجه شود و هم‌چنین اطمینان حاصل شود که کنترل‌ها برقرار هستند.
۳۰۰-۵۰۰	متوسط	اقدام اصلاحی باید انجام گیرد و باید در جهت کاهش سطح ریسک تلاش شود لیکن هزینه‌های صرف شده به دقت بررسی و محدود شوند. اندازه‌گیری میزان کاهش ریسک می‌تواند در دوره‌های زمانی مشخص انجام شود. زمانی که ریسک متوسط در ارتباط با پیامدهای صدمه‌زایی شدید است، باید احتمال وقوع آن ریسک به دقت ارزیابی شده و براساس آن نیاز به افزایش و بهبود اندازه‌گیری‌های کنترلی بررسی شود.
۵۰۰-۷۰۰	قابل توجه	اقدام اصلاحی باید انجام گیرد و تا زمانی که سطح ریسک کاهش نیافته کار نباید آغاز شود. منابع قابل توجهی باید جهت کاهش میزان ریسک تخصیص داده شوند.
۷۰۰-۱۰۰۰	غیر قابل قبول	اقدام اصلاحی باید انجام گیرد و تا زمانی که ریسک کاهش نیافته کار نباید آغاز شود. حتی اگر بااستفاده از تمامی منابع، کاهش ریسک امکان‌پذیر نباشد فعالیت کاری باید متوقف شود.

گام ششم: اختصاص درجه احتمال کشف[6] برای هر خطر بالقوه و یا اثر آن

احتمال کشف (D)، نوعی ارزیابی از میزان توانایی سیستم جهت شناسایی یک علت یا مکانیزم وقوع خطر وجود دارد. در امتیازدهی درجه کشف اعضای تیم کنترل‌های موجود ایمنی تجهیزات را بازبینی نمودند و اگر کنترل‌های جاری موجود نبود، احتمال کشف خطر بالقوه را بسیار کم تلقی می‌کردند و بنابراین درجه کشف را بسیار بالا و در حد ۹ یا ۱۰ محاسبه نمودند. درجه احتمال کشف خطر براساس جدول ۳ تعیین گردید.

گام هفتم: اختصاص نمره الویت‌پذیری(RPN)[7] برای هر خطر بالقوه

نمره الویت پذیری که در محدوده ۱ تا ۱۰۰۰ می‌باشد، با ضرب کردن درجه شدت و درجه وقوع و احتمال کشف در یکدیگر به دست آمد:

RPN = Severity × Occurrence × Detection

گام هشتم: تشخیص الویت‌های خطر بالقوه برای اقدامات اصلاحی

در این مرحله مخاطرات را براساس عدد اولویت ریسک (RPN) رتبه‌بندی کرده و بر اساس نظر تیم FMEA حد RPN تعیین گردید. در این پروژه ضریب اطمینان ٪۷۰ برای کنترل مخاطرات به شرح زیر به‌دست آمد:

۱۰۰۰ − ۷۰۰ = ۳۰۰ ۱۰۰۰ × ۷۰% = ۷۰۰

مخاطرات دارای RPN پایین‌تر از ۳۰۰ مخاطرات قابل قبول و مخاطرات دارای RPN بالاتر از ۳۰۰ به عنوان ریسک بارز شناسایی شدند؛ که بر حسب اولویت عددی آن، طبق جدول۴ برای آن‌ها اقدام اصلاحی تعریف گردید.

گام نهم: اقدام اصلاحی برای حذف یا کاهش خطر بالقوه ریسک‌های بارز

در این مرحله تیم FMEA برای حذف یا کاهش خطرات، اقدامات پیشنهادی را در کاربرگ FMEA درج کردند. این اقدامات براساس دانش و تجربه تیم FMEA و هم-چنین الزامات قانونی موجود لحاظ شدند.

گام دهم: تصحیح فرآیند بر طبق پیشنهادات و اقدامات اصلاحی

[6] Detection
[7] Risk Priority Number

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-10-14]

با انجام اقدامات اصلاحی در هر یک از فرآیندهای مورد بررسی در این کارخانه، کاهش زیادی در RPN اولیه مشاهده شد. تیم FMEA با الویت‌بندی خطرات بالقوه، اقدامات اصلاحی پیشنهادی را در کاربرگ مربوط به مدیریت کارخانه و سرپرستان هر کارگاه جهت رفع نقص‌های تجهیزات ارائه کردند. در شروع این مرحله با انجام اقدامات اصلاحی نمرات RPN کاهش یافته و برای سیستم قابل تحمل شدند و این روند هم‌چنان در حال انجام است.

یافته‌ها

نتایج FMEA معمولاً در برگه‌های کاری FMEA ثبت و ارائه می‌شوند. در این مطالعه تعداد خطرهای شناسایی و بررسی شده ۱۳۷ مورد بود؛ که به دلیل کثرت برگه‌های کاری، یک مورد از آن‌ها در جدول ۵ ارائه شده است. از ۱۳۷ مورد خطر بالقوه شناسایی شده ۶۰ مورد به عنوان خطرات دارای ریسک بارز آسیب‌رسانی (RPN>300) شناخته شدند. برای هر کدام از ریسک‌های بارز علاوه بر اقدامات پیشنهادی مندرج در برگه کار FMEA، فرم اقدام اصلاحی نیز توسط تیم FMEA تهیه گردید تا به صورت اختصاصی به بررسی و چگونگی کاهش یا حذف هر خطر پرداخته شود.

در جدول ۶، ده مورد از خطرات بالقوه دارای بیش‌ترین عدد الویت ریسک (بارز) ارائه شده است. بیش‌ترین RPN برابر ۷۲۰ و کم‌ترین آن ۱۶۲ به‌دست آمد. در واقع در این تحقیق مقادیر RPN محدوده (۷۲۰_۱۶۲) را به خود اختصاص داد. خطر بالقوه استفاده از مشعل بدون رله کنترل و غیرایمن کوره بیشترین RPN را دارا بود، زیرا در صورت بروز این شکست، علاوه بر خسارات جانی و مالی، یک کارگاه تولیدی کارخانه تعطیل می‌شود و در مقابل مواجهه با سطوح داغ جوشکاری که اثر بالقوه آن سوختگی اعضاء کارگران می‌باشد، دارای کم‌ترین نمره RPN بود.

به دلیل اینکه مدیریت ریسک و ایمنی سیستم در کارخانه پلی‌ون در ابتدای فعالیت کاری خود می‌باشد، راه‌کارهای کنترل ریسک‌های شناسایی شده، و پیگیری‌ها جهت اقدامات اصلاحی تداوم دارد و پس از انجام هر اقدام اصلاحی میزان شدت خطر بالقوه(S)، احتمال وقوع خطر(O) و احتمال کشف (D) برآورد می‌گردد، تا تیم FMEA از کاهش ریسک تا حد قابل پذیرش سیستم مطمئن شود. جدول ۷ به عنوان نمونه تغییرات مقادیر RPN بعضی خطرات را قبل و بعد از اقدامات کنترلی و اصلاحی را نشان می‌دهد.

بحث

طبق نظر ریسون برخلاف خطاهای آشکار (به خصوص خطاهای انسانی)، که اغلب به سختی، پیش‌بینی و اصلاح می‌شوند، می‌توان شرایط نهفته را که زمینه‌ساز بروز خطاها از سوی انسان‌ها هستند، قبل از وقوع رویداد ناگوار شناسایی و اصلاح کرد. درک این مطلب مسیر شناسایی خطاها را به سوی مدیریت ریسک آینده‌نگر به جای گذشته‌نگر رهنمون می‌سازد (۲۱). در همین راستا همان‌گونه که قبلاً ذکر شد، عدد الویت ریسک ۳۰۰ به عنوان معیار ریسک قابل پذیرش سیستم انتخاب گردید. براساس این معیار از کلیه خطرهای شناسایی شده، تعداد ۶۰ خطر بالقوه با اعداد ریسک بالاتر از معیار پذیرفته شده (ریسک‌های بارز) به عنوان خطرهای غیرقابل قبول دسته‌بندی شدند. در این بین انفجار کوره و جراحت افراد در مواجهه با رول فلزی محرک خطوط کول‌فرمینگ از بالاترین عدد الویت ریسک (RPN) برخوردار بودند. برای کاهش RPN انفجار کوره تعویض مشعل با مشعل مجهز به تجهیزات ایمنی و هم‌چنین تعیین فرد متخصص ذیصلاح برای تعمیر، سرویس و بازرسی منظم کوره به عنوان اقدام کنترلی پیشنهاد شد. در مورد ریسک جراحت افراد در اثر برخورد با رول ورق‌های فلزی خطوط کول‌فرمینگ نیز پیشنهاد شد که حفاظ‌های ایمنی، طبق نظر تخصصی تیم FMEA طراحی و اجرا شود که پس از انجام اقدام اصلاحی RPN این خطر بالقوه تقریباً صفر خواهد شد.

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-10-14]

مورد	خطر بالقوه	اثرات خطر بالقوه	S	علل بالقوه	O	کنترلهای موجود	D	RPN	نوع ریسک	اقدامات پیشنهادی	نتایج اقدامات S	O	D	RPN
دستگاه تزریق فوم	۲۱. انتشار گازها و بخارات شیمیایی	- بیماری تنفسی	۸	- عدم استفاده از تجهیزات کنترلی - عدم استفاده از تجهیزات ایمنی	۹	وجود ندارد	۶	۴۳۲	بارز	- تهیه MSDS مواد و به کار بستن توصیه های ایمنی آن - برقراری سیستم تهویه موضعی - استفاده از ماسک تنفسی مناسب - آموزش کارگران	۵	۵	۵	۷۵
	۲۲. پاشش مواد به سمت کارگر	- بیماری پوستی - آسیب به چشم	۶ ۸	- عدم آموزش کارگران -عدم استفاده از لباس کار و تجهیزات حفاظتی مناسب	۹ ۶	وجود ندارد	۵ ۵	۲۷۰ ۲۴۰	قابل قبول	- استفاده از لباس کار مناسب - استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (شیلد محافظ، دستکش مناسب - آموزش کارگران	۳	۶	۴	۷۲
	۲۳. وضعیت بدنی غیر ارگونومیک هنگام تزریق فوم	- بروز اختلالات اسکلتی عضلانی	۴	- پوسچر نامطلوب	۸	وجود ندارد	۷	۲۲۴	قابل قبول	- پرسازی قطعات بر روی میز کار - آموزش کارگران - انجام معاینات دوره ای به صورت منظم	۳	۳	۵	۴۵
دیگ بخار	۲۴. عدم اصطحکام و عایق نبودن دیوار	- آتش سوزی - آسیب شدید بدنی	۹	- انفجار دیگ بخار مجاور دیوار نامقاوم	۴	وجود ندارد	۱۰	۳۶۰	بارز	- دیوار حد فاصل دو قسمت مقاوم شود، به طوری که عاری از هر گونه منفذ و معبر و بریدگی باشد.	۴	۴	۷	۱۱۲
	۲۵. مواجهه با نقص فنی دیگ بخار	- انفجار - آتش سوزی	۹ ۷	- عدم بازرسی فنی و ایمنی	۴ ۵	ناقص است	۹ ۹	۳۲۴ ۳۱۵	بارز بارز	- به کارگیری فرد متخصص جهت سرویس و نگهداری ایمن دیگ بخار	۷	۳	۵	۱۰۵

شکل ۱: نمونه کاربرگ تکمیل شده FMEA در آنالیز خطر دستگاه‌های تزریق فوم و دیگ بخار

جدول ۵: الویت‌بندی ریسک بر حسب RPN

الویتها	خطر بالقوه	اثر خطر بالقوه	RPN	تجهیزات مشمول خطر
۱	استفاده از مشعل فاقد تجهیزات ایمنی	انفجار کوره	۷۲۰	کوره
۲	برخورد افراد به رول فلزی محرک	جراحت افراد	۵۴۰	خطوط کول‌فرمینگ
۳	کابل‌کشی ناایمن(از بین رفتن عایق کابل)	برق گرفتگی	۴۹۰	جرثقیل سقفی
۴	مواجهه با بخار آب	بیماریهای ریوی	۴۹۰	جوش پروفیل
۵	گیر کردن دست زیر جک نگه‌دارنده	قطع انگشتان	۴۸۰	پرس بلوک یونولیت
۶	مواجهه کارگر با کوبلینگ محرک الکترو موتور(گیربوکس)	قطع انگشتان	۴۸۰	کول فرمینگ خط ۴
۷	وقوع حادثه در شرایط اضطراری	قطع انگشتان	۴۸۰	جوش پروفیل UPVC
۸	سقوط بار	شکستگی اعضاء	۴۷۰	پرس بلوک یونولیت
۹	استنشاق گازها و بخارات شیمیایی	بیماریهای ریوی	۴۳۲	تزریق فوم
۱۰	برخورد افراد به مواد زائد اطراف دستگاه	جراحت بدن	۴۳۲	گیوتین

مورد	خطر بالقوه	نتایج قبل از اقدام اصلاحی S	O	D	RPN	نوع ریسک	اقدامات اصلاحی و پیشنهادی	نتایج بعد از اقدام اصلاحی S	O	D	RPN	نوع ریسک
دستگاه تزریق فوم	۲۱. انتشار گازها و بخارات شیمیایی	۸	۹	۶	۴۳۲	بارز	- تهیه MSDS مواد و به کار بستن توصیه های ایمنی آن - برقراری سیستم تهویه موضعی - استفاده از ماسک تنفسی مناسب - آموزش کارگران	۵	۵	۵	۷۵	قابل قبول
	۲۲. پاشش مواد به سمت کارگر	۶	۹	۵	۲۷۰	قابل قبول	- استفاده از لباس کار مناسب - استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (شیلد محافظ، دستکش مناسب - آموزش کارگران	۳	۶	۴	۷۲	قابل قبول
	۲۳. وضعیت بدنی غیر ارگونومیک هنگام تزریق فوم	۴	۸	۷	۲۲۴	قابل قبول	- پرسازی قطعات بر روی میز کار - آموزش کارگران - انجام معاینات دوره ای به صورت منظم	۳	۳	۵	۴۵	قابل قبول
دیگ بخار	۲۴. عدم اصطحکام و عایق نبودن دیوار	۹	۴	۱۰	۳۶۰	بارز	- دیوار حد فاصل دو قسمت مقاوم شود، به طوری که عاری از هر گونه منفذ و معبر و بریدگی باشد.	۴	۴	۷	۱۱۲	قابل قبول
	۲۵. مواجهه با نقص فنی دیگ بخار	۹	۴	۹	۳۲۴	بارز	- به کارگیری فرد متخصص جهت سرویس و نگهداری ایمن دیگ بخار	۷	۳	۵	۱۰۵	قابل قبول

شکل ۲ : تغییرات مقادیر RPN قبل و بعد از انجام اقدامات اصلاحی

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-10-14]

هم‌چنین در مورد ریسک برق‌گرفتگی، تیم FMEA سیستم ایمنی فیوزی را مؤثر تشخیص نداده و برقراری سیستم ارتینگ را به عنوان اقدام پیشگیرانه مناسب ارائه نمود.

در اجرای پروژه‌های ساختمانی سازه‌های سبک پلی‌ون هم در کارخانه و هم در محل احداث و مونتاژ سازه‌ها، پیامدهای گیر کردن و برخورد افراد به اشیاء و مواد زائد به وفور رخ می‌دهد و RPN=360 ریسک سِکندری خوردن و زمین خوردن و جراحت افراد مؤید این امر است. لذا تیم FMEA جهت کاهش عدد الویت ریسک این خطر، برقراری نظم با استفاده از روش 5S ژاپنی را پیشنهاد کردند و برای راه‌اندازی این سیستم جلسات آموزشی مربوطه برای کارگران و مسئولین برگزار شد و هم‌چنین چک‌لیست‌هایی جهت کنترل وضعیت هر کارگاه در اختیار سرکارگران قرار گرفت.

گویمارِس و همکارش با استفاده از تکنیک FMEA به آنالیز خطرات سیستم‌های مهندسی هسته‌ای (FIS[8]) در یک نیروگاه اتمی برزیل پرداختند، و به کمک این تکنیک ۵۷ خطر را شناسایی و تجزیه‌وتحلیل نمودند (۱۴). در مطالعه‌ای دیگر جعفری و همکارش ریسک‌های ناشی از دستگاه تی‌بی‌ام حفاری یک تونل بلند گازدار را با استفاده از روش تجزیه‌و‌تحلیل حالات شکست و اثرات آن (FMEA) ارزیابی کردند، نتایج به‌دست آمده نشان داد که از ۴۸ حالت شکست مورد مطالعه در تی‌بی‌ام، ۷ مورد دارای اعداد اولویت ریسک بالا بوده و در گروه شکست‌های غیرقابل پذیرش دسته‌بندی شدند، هم‌چنین ۹ حالت شکست دارای شدت پیامد بالایی بودند (۲۲). آقای دارلینگتون و همکارش با استفاده از تکنیک FMEA ۱۲۰ خطا ناشی از خستگی[9] را در صنایع بریتانیا شناسایی کردند، آن‌ها هم‌چنین دلایل و عوامل موثر بر ایجاد این دسته از خطاها را به کمک این روش تعیین نمودند و از این طریق موفق به بهبود و ارتقاء تکنیک‌های طراحی قطعات و سیستم‌ها شدند (۲۳). علیمحمدی و همکارش تکنیک FMEA را برای شناسایی و کنترل خطرات در دو کارخانه تولید گچ به کار بردند و نتایج ارزیابی دو کارخانه را با هم مقایسه کردند. در این مطالعه مهم‌ترین خطر، ریختن آجر نسوز داخل کوره تعیین شد (۹). هم‌چنین مدیریت ریسک با استفاده از روش FMEA در صنایع غذایی و شیمیایی نیز به کار می‌رود؛ آروانیتویانیس و همکارانش در یک مطالعه موردی در یک کارخانه صنایع غذایی برای اجرای استاندارد ISO 22000 به کمک روش FMEA خطاهای با RPN>130 را به عنوان خطاهای با ریسک بارز معرفی نمودند (۲۴). قهرمانی و همکاران نیز با استفاده از تکنیک FMEA در یک صنعت شیمیایی ، ۳۰ نقص را شناسایی و مورد بررسی قرار دادند (۱).

نتیجه گیری

اگرچه در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران استفاده از روش‌های علمی آنالیز خطر با رویکرد پیشگیرانه چندان رایج نمی باشد، اما در سال‌های اخیر محققین دانشگاهی با برقراری ارتباط با صنعت، در این زمینه تحقیقاتی انجام داده‌اند. نتایج حاصل از این تحقیقات و مطالعه اخیر، گویای این مطلب است که با سهیم کردن مدیران واحدهای صنعتی در اجرای این پژوهش‌ها و هم‌چنین دخیل کردن آن‌ها در ارائه پیشنهادات می‌توان به نحو مطلوبی در مسیر تسریع و عملیاتی نمودن پیشنهادات اصلاحی گام برداشت؛ که این امر از طرف مدیران ارشد نیز استقبال می‌شود. نتایج تحقیق اخیر در صنعت جدید ساخت سازه‌های سبک پلی‌ون نشان داد که پیاده‌سازی یک سیستم مستندسازی برای ثبت خطرات تجهیزات و رویدادها، اطلاعات پایه مورد نیاز برای بررسی‌های ایمنی بعدی را به نحو مطلوبی ثبت و نگهداری کرده و هم‌چنین با عملیاتی نمودن پیشنهادات اصلاحی، انجام تعمیرات و بازرسی‌ها پیشگیرانه می‌توان احتمال وقوع خطرات و پیامدهای ناشی از حوادث مربوط را به حداقل ممکن رساند.

[8] Fuzzy Inference System
[9] Fatigue

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-10-14]

References

1. Ghahremani A, Nasl-Seraji J,Adl J. Process equipment failure mode analysis in a chemical industry. Iran occupational health journal. 2008;1 & 2(5):31-8.
2. Mode PF. Effects Analysis In Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis In Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA) Reference Manual. Society of Automotive Engineers, Surface Vehicle Recommended Practice J. 2002;1739.
3. Oldenhof MT, Van Leeuwen JF, Nauta MJ, De Kaste D, Odekerken-Rombouts Y, Vredenbregt MJ, et al. Consistency of FMEA used in the validation of analytical procedures. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2011;54(3):592-5.
4. Baydar, Cem M, Saitou, Kazuhiro. Prediction and Diagnosis of Propagated Errors in Assembly Systems using Virtual Factories. Journal of Computing and Information Science in Engineering. 2001; 1(3): 261-265.
5. Goble WM, Brombacher AC. Using a failure modes, effects and diagnostic analysis (FMEDA) to measure diagnostic coverage in programmable electronic systems. Reliability engineering & system safety. 1999;66(2):145-8.
6. Waterland LR, Venkatesh S, Unnasch S, Safety and Performance Assessment of Ethanol/diesel Blends (e-diesel), National Renewable Energy Laboratory,US, 2003.
7. Xiao N, Huang HZ, Li Y, He L, Jin T. Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA. Engineering Failure Analysis. 2011;18(4): 1162-70.
8. Zhou J, Stalhaane T. Using FMEA for early robustness analysis of Web-based systems. Computer Software and Applications Conference, Proceedings of the 28th Annual International. 2004;2: 28-9.
9. Alimohammadi I, Adl,J. The comparison of safety level in kilns in two gypsum production factories by Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Iran occupational health journal. 2008; 1&2 (5); 77-83.
10. Dermout M LM, Gard B. Methods of Failure Mode Effect Analysis. Translated by: Haghighi M. 1st ed. Tehran: Sapco publications: 2000.[Persian]
11. Almannai B, Greenough R, Kay J. A decision support tool based on QFD and FMEA for the selection of manufacturing automation technologies. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 2008;24 (4):501-7.
12. Arabian-Hoseynabadi H, Oraee H, Tavner PJ. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for wind turbines. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2010;32(7):817-24.
13. Ashley L, Armitage G, Neary M, Hollingsworth G. A practical guide to Failure Mode and Effects Analysis in health care: Making the most of the team and its meetings. Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety. 2010;36 (8):351-8.
14. Guimar¡£es ACF, Lapa CMF. Fuzzy inference to risk assessment on nuclear engineering systems. Applied Soft Computing. 2007;7(1):17-28.
15. Attar Jannesar Nobari FT, Hafezimoghadam, P. Maleki, MR. Goharinezhad, S. Risk Assessment of Processes of Rasoule Akram Emergency Department by the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Methodology. Hakim Health Sys Res. 2010;13(3):165-76.
16. Duwe B, Fuchs BD, Hansen-Flaschen J. Failure mode and effects analysis application to critical care medicine. Critical care clinics.30-21: (1)21;2005.
17. Spath PL. Using failure mode and effects analysis to improve patient safety. AORN. 2003;78(1):15-37.
18. Eti MC, Ogaji SOT, Probert SD. Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. Applied Energy. 2. 401-385:(4)79;2004
19. Habibi E. Applicable safety and performance methods in the industry, Fan Avaran Poblication, Hamedan, 2006; 106-114. [Persian].
20. Resolution concerning statistics of occupational injuries (resulting from occupational accidents), adopted by the Sixteenth International Conference of Labour Statisticians (October 1998).
21. Reason J. Human error: models and management. BMJ. 2000 Mar70-768 :320;18
22. Jafari M j, Gharari N. The Risk Assessment of a TBM Using Failure Mode and Effects Method. 8th Iranian Tunnelling Conference: 2009.
23. Darlington JF, Booker JD. Development of a design technique for the identification of fatigue initiating features. Engineering Failure Analysis 2006;13(7):1134-52.
24. Arvanitoyannis IS, Palaiokostas C, Panagiotaki P. A Comparative Presentation of Implementation of ISO 22000 Versus HACCP and FMEA in a Small Size Greek Factory Producing Smoked Trout: A Case Study. Crit Rev Food Sci Nutr 2009; 49(2):176-2

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-10-14]