دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

شناسایی و ارزیابی جنبه های زیست محیطی آزمایشگاه پلیمر و ارایه راهکارهای پیشگیرانه در جهت مدیریت اثرات زیست محیطی با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حالات شکست

هادی گودرزی[۱]، مسعود عباسی[۲]

[۱]کارشناسی ارشد مدیریت، شهر اهواز، Info.hadigoodarzi@gmail.com

[۲] کارشناسی مکانیک، شهر اهواز

چکیده

رویکرد ارزیابی ریسک یکی از محورهای اصلی استقرار و بکارگیری سیستم های مدیریتی در سازمان ها است. با استقرارسیستم های مدیریتی که امروزه به شکل ادغام شده در سامانه مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست بیان می گردد سازمان ها در برآورده ساختن الزاماتی که به رویکرد پیشگیری از خطا منجر می شوند توانمند می گردند. این مقاله در آزمایشگاه پلی اتیلن شرکت آبان بسپار توسعه با هدف شناسایی جنبه های زیست محیطی و ارایه راهکارهای عملی و پیشگیرانه در جهت تقلیل یا حذف اثرات زیست محیطی با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن بر محیط زیست صورت گرفته است. این روش روشی است کیفی که به موقع و به بهترین شیوه ممکن در توسعه فرآیند به کار می رود و هدف آن شناسایی و اولویت بندی جنبه های زیست محیطی مهمی است که حاصل آن پیامدهای زیست محیطی در طول چرخه حیات می باشد. لذا برای ارزیابی این جنبه ها عدد اولویت ریسک تعیین گردید و درجه مخاطره پذیری نیز با استفاده از روش توزیع فراوانی محاسبه گردید.

واژه‌های کلیدی

ارزیابی ریسک، ایمنی، محیط زیست، آزمایشگاه

مقدمه

تمامی فعالیت های انسان همراه ریسک است. این ریسک ها منجر به مشکلات مختلف از جمله مشکلات روزافزون زیست محیطی می شود. که این مساله خود باعث توجه هر چه بیشتر به مبحث های ارزیابی ریسک زیست محیطی شده است. امروزه علیرغم ارتقاء نسبی سطح ایمنی در آزمایشگاه های مختلف، کماکان شاهد وقوع موارد متعددی از حوادث خطر آفرین و حتی مرگ آور هستیم. در حال حاضر بسیاری از کشورها در رابطه با مباحث مرتبط با ایمنی آزمایشگاه ها بسیار حائز اهمیت است. اگر چه تعریف یکسان و مورد قبول از مخاطره نزد عامه مردم وجود ندارد اما بر اساس ISO۸۴۰۲:۱۹۹۵/BS۴۷۷۸ مخاطره عبارت است از: احتمال یا فراوانی یک خطر تعریف شده و بزرگی پیامدهای آن رخداد. به عبارتی دیگر مخاطره از دو جزء احتمال رخداد و شدت پیامد تشکیل شده است. بنابراین شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک های ناشی از خطر، کاربرد روش های کنترلی جهت کاهش ریسک و پایش روش های اصلاحی از جمله اموری است که می بایست در موقع بروز خطر مورد توجه ارزیابان قرار گیرد. ریسک ها معمولاً در حوزه سلامتی کارکنان کلیه کارکنان شاغل، اهداف ارگان مورد نظر و محیط کار وجود دارند. طی دهه های گذشته برای تجزیه و تحلیل علمی خطرات، روش های بسیاری گسترش یافته که هر یک از این روش ها دارای دیدگاه ها، کاربردها و کارایی های متفاوتی است. ارزیابی مخاطرات شامل دو مقوله کمی و کیفی است. در این خصوص می توان از تکنیک های مختلفی (نظیر (FMEA) Failure Mode Effects Analysis) استفاده نمود. (۱و۲)

با مرور مقالات علمی مختلف در زمینه کاربردهای روش FMEA، می توان چنین اذعان نمود که بکارگیری این روش در تحلیل وضعیت و ارتقاء کیفی دامنه گسترده ای از مشاغل و فعالیت ها امکان پذیر است. در این راستا مطالعات مربوط به کاربرد FMEA را می توان به دو گروه کلی تفکیک نمود : الف) مواردی که ریسک مخاطرات مربوط به ایمنی، بهداشت و محیط زیست مدنظر قرار گرفته است، ب) مطالعاتی که در آنها ایجاد خطا در روش های اجرای آزمایشات یا فرآیندها و متعاقباً ایجاد نتیجه نامناسب مورد توجه قرار گرفته است. (۳) اخیراً با توجه به تجربیات آزمایشگاه های آزمون و کالیبراسیون در کشورهای توسعه یافته، رهیافتی جدید نسبت به ضرورت ارزیابی ایمنی در دوره های زمانی مشخص با توجه به ماهیت وظایف آزمایشگاه ها مطرح و بر این اساس فرآیند بررسی روش های متداول در ارزیابی ایمنی و توسعه و ارتقاء کارایی آنها در مطالعات مختلف مورد توجه محققان و ارگان های ذیربط قرار گرفته است. اهداف اصلی این تحقیق عبارتند از : بررسی مخاطرات احتمالی (که ممکن است ایمنی کارکنان را تهدید نمایند) و ارائه برنامه های عملی برای پیشگیری از وقوع مخاطرات مذبور. (۸)

مواد و روش ها

این مقاله در آزمایشگاه پلی اتیلن به منظور ارزیابی مخاطرات در آزمایشگاه از روشی تحت عنوان "تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن" (FMEA) استفاده گردید. FMEA روشی تحلیلی است که می کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده ای که در آن ارزیابی ریسک انجام می شود و همچنین علل و اثرات مرتبط با آنها را شناسایی و رتبه بندی نماید. به تعبیر دیگر FMEA یک فرآیند سیستماتیک جهت شناسایی نارسایی های بالقوه فرآیندها قبل از رخداد آنهاست که امکان اولویت بندی اقداماتی را برای کاهش یا حذف اثرات مخرب به وجود می آورد. (۹و۱۰)

FMEA به طور کلی شامل دو فاز است: در فاز نخست شناسایی حالات بالقوه شکست و اثرات آنها مد نظر قرار می گیرد. فاز دوم شامل تجزیه و تحلیل میزان حساسیت به منظور تعیین شدت حالت شکسته است که از طریق ارزیابی و رتبه بندی (RPN) سطح بحرانی هرشکست انجام می شود. (۵) مراحل کلی انجام FMEA به طور خلاصه در شکل ۱ نشان داده شده است، مراحل نمایش داده شده در شکل ۱ عبارتند از :

- تعیین شدت (وخامت) اثر (S: severity of effects ranking score) : وخامت حاصل از خطر، میزان جدی بودن (اثر خطر بالقوه) بر افراد است. برای وخامت خطر شاخص کمی وجود دارد که بر حسب مقیاس ۱ تا ۱۰ بیان می گردد. (۱۲-۱۰)

- تعیین احتمال وقوع خطر (O: frequency of occurrence ranking score) : احتمال وقوع خطر مشخص می کند که یک علت یا مکانیزم بالقوه خطر با چه تواتری رخ می دهد. احتمال وقوع خطر بر مبنای رتبه بندی ۱ تا ۱۰ سنجیده می شود. (۱۲-۱۰)

- تعیین احتمال کشف خطر (D: probability of detection ranking score) : احتمال کشف خطر در واقع احتمال پی بردن به خطر قبل از وقوع آن است. رتبه بندی احتمال کشف خطر نیز بین ۱ الی ۱۰ است. (۱۲-۱۰)

- محاسبه عدد اولویت ریسک (RPN: Risk Priority Number) : عدد اولویت ریسک حاصلضرب سه عدد شدت اثر (S)، احتمال وقوع خطر (O) و احتمال کشف خطر (D) است (RPN=S*O*D) عدد اولویت ریسک عددی بین ۱ و ۱۰۰۰ خواهد بود.

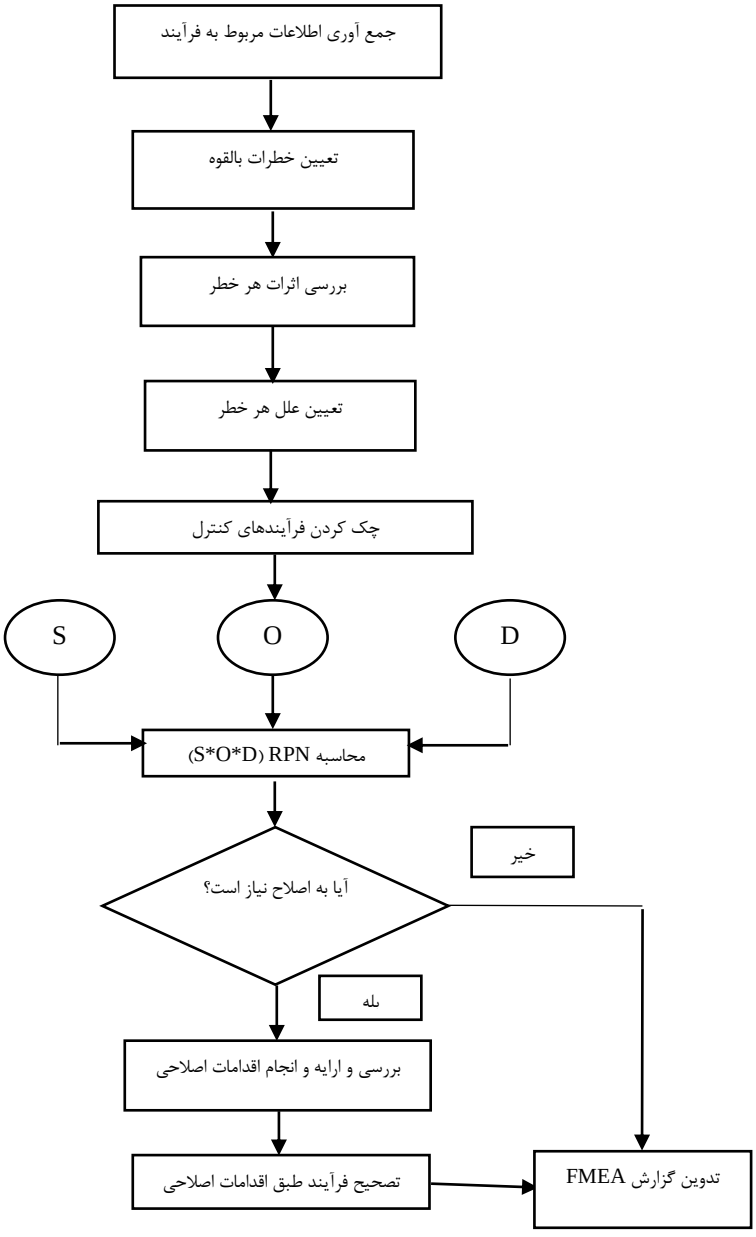
RPN= Severity x Occurrence x Detection

- مشخص نمودن نیاز یا عدم نیاز به اصلاح : در این مرحله ریسک را بر اساس عدد اولویت ریسک رتبه بندی می کنیم. با توجه به عدد اولویت ریسک، سطح ریسک به سه گروه قابل طبقه بندی است. (۱۳-۱۵)

* سطح عادی (RPN <۷۰) : که در آن همه سه عامل RPN (به خصوص شدت و احتمال وقوع) واجد رتبه کمتر از ۵ است. در این حالت اقدامات اصلاحی (کلیه اقداماتی که برای تقلیل یا حذف کامل عوامل بالقوه ایجاد خطر انجام می شوند) الزامی نیست.

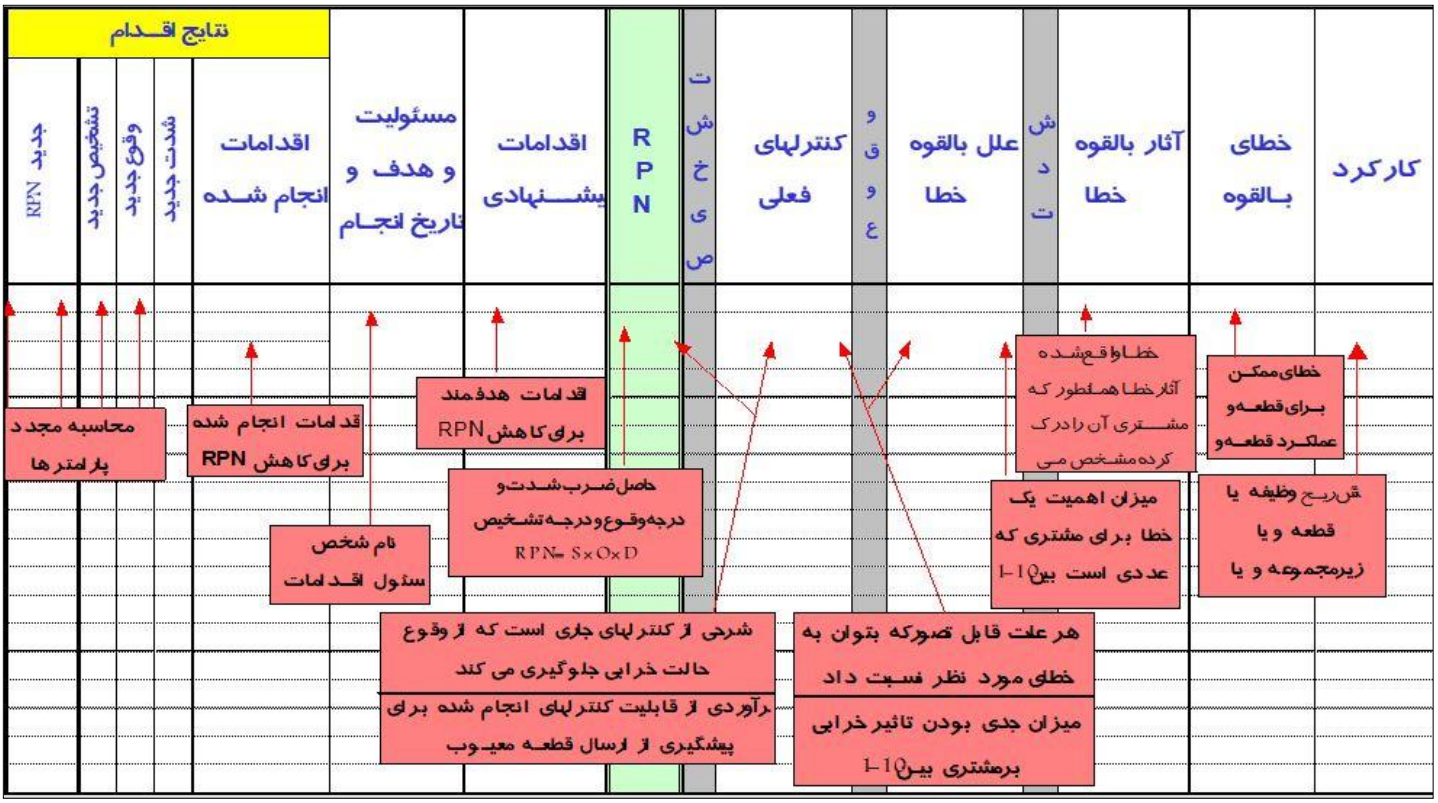
* سطح نیمه بحرانی (۱۴۰ < RPN <۷۰) : که در آن حداقل یک عامل از سه عامل RPN (به خصوص شدت و احتمال وقوع) دارای رتبه بیشتر از ۵ است. در این شرایط اقدام اصلاحی ضروری است.

* سطح بحرانی (RPN >۱۴۰) : که در آن حداقل دو عامل از سه عامل RPN دارای رتبه بالا هستند. در این شرایط اقدامات اصلاحی فوری کاملاً ضروری است.



نحوه تجزیه تحلیل خطا و آثار آن

شکل ۱ مراحل FMEA (O : احتمال وقع خطر، D : احتمال کشف خطر، S : شدت اثر، RPN : عدد اولویت ریسک



در این مقاله به منظور سهولت بررسی و طبقه بندی مخاطرات با توجه به عوامل بالقوه موثر در ایجاد خطر در آزمایشگاه جدولی طراحی گردید. در جدول ۱ همانگونه که مشاهده می گردد با توجه به تجارب موجود و بررسی منابع علمی مرتبط (۹) عوامل بالقوه موثر بر ایجاد خطر در آزمایشگاه به تفکیک مورد بررسی قرار گرفت، با توجه به تعداد زیاد این جداول و عدم امکان ارائه تمام آنها در این مقاله نمونه ای از آنها در جدول ۲ ذکر شده است.

ردیف	عوامل بالقوه موثر در ایجاد خطر	وجود دارد	وجود ندارد	عدم سنخیت با وظایف آزمایشگاه	توضیحات
۱	هود ایمنی	√			موجب آلودگی صوتی می شود.
۲	خطر حریق	√			
۳	برگه های (Material Safety MSDS Data Sheet)	√			کامل نیست
۴	جعبه کمک های اولیه	√			
۵	وسایل حفاظت فردی	√			
۶	تهویه عمومی		√		
۷	کالیبراسیون تجهیزات مورد استفاده	√			
۸	دتکتورهای اعلام حریق		√		
۹	سیستم های خودکار اطفاء حریق		√		
۱۰	وسایل حفاظت فردی	√			نامناسب

جدول ۱ : نمونه ای از جدول تکمیل شده به منظور بررسی عوامل بالقوه موثر ایجاد خطر در آزمایشگاه مورد بررسی

نتایج مربوط به عوامل بالقوه ایجاد خطر در آزمایشگاه در جداولی مانند جدول ۱ درج گردید. نتایج مربوط به رتبه بندی ریسک آزمایشگاه پس از استخراج از جداول مزبور، به تفکیک در جداولی همانند جدول ۲ ثبت شد.

ردیف	نام آزمایشگاه	فعالیت	خطر	اثر خطر	S	O	D	RPN
۱	پلی اتیلن	انجام تست تعیین درصد دوده	آلودگی هوا	آسیب تنفسی	۴	۶	۸	۱۹۲
۲	پلی اتیلن	بیرون کشیدن نمونه محصول از کوره الکتریکی یا آون	تماس باسطوح داغ	سوختگی	۵	۹	۱	۴۵
۳	پلی اتیلن	جابجایی اجسام در آزمایشگاه	خطر لیز خوردن	جراحت و شکستگی	۸	۴	۴	۱۲۸
۴	پلی اتیلن	نظارت بر خطوط تولید	گرد و غبار	آسیب تنفسی	۴	۶	۳	۱۹۲
۵	پلی اتیلن	نظارت بر خطوط تولید	صدا	آسیب شنوایی	۸	۶	۷	۳۳۶
۶	پلی اتیلن	نظارت بر بارگیری محصولات	سقوط اجسام	جراحت و شکستگی	۸	۶	۷	۳۳۶
۷	پلی اتیلن	نشت اکسیژن از طریق اتصالات نامرغوب	اشباع شدن اکسژن درهوا	ایجاد آتش سوزی	۸	۸	۸	۵۱۲
۸	پلی اتیلن	برش از محصولات برای انجام تست	تماس با اجسام تیز و برنده	جراحت موضعی	۵	۴	۵	۱۰۰

جدول ۲ : رتبه بندی ریسک O : احتمال وقع خطر، D : احتمال کشف خطر، S : شدت اثر، RPN : عدد اولویت ریسک

مخاطرات مهم موجود در آزمایشگاه

با توجه به بررسی مخاطرات آزمایشگاه موارد مندرج در جدول ۱ و سایر نتایج مربوطه که به دلیل حجم بالا در این مقاله درج نگردیده است. می توان برداشت نمود که به برخی عوامل بالقوه موثر ایجاد خطر به ویژه قبل از انجام اقدامات اصلاحی توجه کافی نشده است.

تهویه عمومی :

اصولاً تهویه محل کار باید طوری باشد که کارکنان آزمایشگاه همیشه هوای سالم تنفس نمایند و همواره آلاینده های شیمیایی به طور موثر به خارج از محیط هدایت شوند. آزمایشگاه باید مجهز به تجهیزات تهویه عمومی و در صورت لزوم تهویه موضعی ضد جرقه باشد. (۱۶و۹)

ایجاد حریق :

در هر آزمایشگاه باید لوازم اعلام و اطفاء حریق سیار و ثابت متناسب با نوع کار نصب گردد. در هر محیط آزمایشگاهی باید امکانات و تجهیزات جهت اطفای آتش سوزی های احتمالی در نظر گرفته شود. تا هنگام آتش سوزی بتوان از این تجهیزات استفاده کرد. تمام افراد آزمایشگاه باید در زمینه مقابله با آتش سوزی آموزش داده شوند. این آموزش باید شامل آگاهی از خطر، روش های ویژه برای نگهداری و ذخیره سازی مایعات آتش گیر و شرح مختصری درباره سیستم زنگ خطر و برنامه ریزی تخلیه اضطراری باشد. علاوه بر این، باید نحوه

بکارگیری کپسول های آتش نشانی نیز در آموزش مد نظر قرار گیرد. انتخاب نوع کپسول آتشنشان جهت اطفاء باید بر اساس نوع آتش سوزی صورت گیرد. (۱۷و۹)

راه های خروج اضطراری

آزمایشگاه باید مجهز به تعداد کافی راهروهای نجات و خروجی باشد. در کنار راهروهای نجات (خروجی های اضطراری) ممکن است اطاق هایی را تعبیه کرد که به طور مستقل از ایمنی برخوردار باشند تا هنگام خطر بتوان از طریق آنها نجات یافت. در ضمن نصب یک نقشه در آزمایشگاه که در آن محل های خروجی اضطراری مشخص شده باشد الزامی است. (۱۹و۱۸)

وسایل حفاظت فردی

وسایل حفاظت فردی باید در برابر مخاطرات مربوط به آن دسته از مواد شیمیایی موجود در آزمایشگاه که کارکنان در معرض آنها است، حفاظت لازم را تأمین کنند و با توجه به نوع کار در تمام مدتی که لازم است از این وسایل استفاده شود فرد را حفاظت نمایند. (۲۱و۲۰)

چیدمان مواد شیمیایی

در اختیار داشتن اطلاعاتی در مورد ماهیت، غلظت و مقدار مواد شیمیایی خطرناک حائز اهمیت است. کلیه کارکنان آزمایشگاه باید در مورد مواد شیمیایی، خطرات آنها و روش های حفاظتی مربوطه آموزش های کافی دیده باشند. تهیه MSDS کلیه مواد شیمیایی موجود و ایجاد ایستگاه MSDS در آزمایشگاه، چیدمان و انبارش ایمن مواد شیمیایی بر اساس توصیه های MSDS، آموزش نحوه استفاده از MSDS، خرید و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب توصیه شده MSDS در آزمایشگاه و برچسب گذاری ظروف مواد شیمیایی از جمله اقدامات پیشنهادی برای کاهش خطرات مربوط به مواد شیمیایی در آزمایشگاه می باشد همچنین آزمایشگاه باید مجهز به تجهیزات تهویه عمومی و در صورت لزوم تهویه موضعی ضد جرقه باشد، کف آزمایشگاه باید صاف و لغزنده نباشد برای پیشگیری از برخی حوادث باید مواد را با توجه به درجه اشتعال پذیری، واکنش پذیری و برخی خصوصیات فیزیکی مربوط به آن، در دمای مناسبی نگهداری و مصرف نمود. (۲۳)

ضرورت انجام اقدامات اصلاحی

از دیدگاه تفاوت در هزینه مورد نیاز برای انجام اقدامات اصلاحی در آزمایشگاه مورد بررسی می توان آنها را در قالب سه گروه کلی زیر تبیین نمود :

الف) اقدامات اصلاحی پر هزینه: این اقدامات را می توان به دو گروه طبقه بندی نمود: الف- ۱) اقداماتی که انجام آنها مستلزم تغییراتی در ساختار آزمایشگاه ها است (مانند احداث راه های خروج اضطراری) الف- ۲) اقداماتی که در اجرای آنها نصب برخی ابزار یا تجهیزات گران قیمت ضروری است (نصب سیستم های خودکار تشخیص و اطفاء حریق در تمامی آزمایشگاه ها)

ب) اقدامات اصلاحی قابل اجرا با هزینه کم و متوسط : در این خصوص می توان به اقداماتی نظیر نصب سیستم های تهویه عمومی اشاره نمود.

ج) اقدامات اصلاحی بسیار کم هزینه یا بدون هزینه : در این رابطه می توان اقداماتی مانند برگزاری دوره های آموزشی که یکی از ابزارهای موثر در پیشگیری از بیماری و حوادث شغلی است ذکر نمود. (۲۲)

با بررسی مقالات علمی متعدد در زمینه کاربردهای روش FMEA (که در بخش مقدمه به برخی از آنها اشاره شده است) مشخص می شود که تنها در موارد محدودی ایمنی کارکنان آزمایشگاه های مراکز آموزشی یا پژوهشی مدنظر قرار گرفته است که از جمله آن می توان تحقیق انجام شده توسط Omidvari و همکار را ذکر نمود (۲۳) که البته در این تحقیق نیز صرفاً مخاطرات مربوط به آتش سوزی و نشت مواد شیمیایی در آزمایشگاه ها بررسی شده است و متعاقباً همانند مقاله کنونی، ضرورت انجام اقدامات اصلاحی در زمینه نصب سیستم های خودکار تشخیص و اطفاء حریق، ایجاد راه های خروج اضطراری و همچنین توجه ویژه به آموزش اصول ایمنی به کارکنان توصیه شده است.

نتیجه گیری

سطح ریسک در آزمایشگاه پلی اتیلن پس از اقدامات اصلاحی به صورت محسوس کاهش یافته است. به طور کلی برخی از عوامل موثر در ایجاد مخاطرات ساختاری بوده و نیاز به منابع مالی کلان دارد در حال حاضر امکان رفع نارسایی ها وجود ندارد ولی می توان با بالا بردن سطح آموزش ها، ریسک خطر را کاهش و به حد قابل قبول رساند. در مجموع می توان چنین برداشت نمود که FMEA روشی مناسب برای ارزیابی مخاطرات مربوط به ایمنی کارکنان آزمایشگاه و در صورت در نظر گرفتن تکرار آماری مناسب از روش آماری مناسب نیز می توان برای تحلیل های تکمیلی استفاده نمود. پیشنهاد می گردد که در پژوهش های آتی علاوه بر بررسی مخاطرات بالقوه مربوط به ایمنی پرسنل آزمایشگاه، مباحث زیست محیطی و بهداشتی در آزمایشگاه نیز مورد توجه قرار گیرد.

منابع

۱. Mirza S, Omidvari M, Lavasani SMRM. The application of Fuzzy logic to determine the failure probability in Fault Tree Risk Analysis. Safety Promotion and Injury Prevention. ۲۰۲۲;۲(۲):۱۱۳-۲۳ (in Persian).

۲. Askaripoor T, Kazemi E, Aghaei H, Marzban M Evaluating and comparison of fuzzy logic and analytical hierarchy process in ranking and quantitative safety risk analysis (Case study: A combined cycle power plant). Safety Promotion and Injury Prevention. ۲۰۱۹;۳(۳):۱۶۹-۷۴ (in Persian).

۳. Ardeshir A, Amiri M, Mohajeri M. Safety risk assessment in mass housing projects using combination of Fuzzy FMEA, Fuzzy FTA and AHP-DEA. Iran Occupational Health. ۲۰۱۳;۱۰(۶):۷۸-۹۱ (in Persian).

۴. Moradpour Z, Farhadi S, Alimohammadi S, Shirian M, Hesam G. Assessing the explosive dust concentration and explosion risk in Shahroud high-risk industries. Journal of Occupational Hygiene Engineering. ۲۰۱۶;۳(۲):۲۷-۳۲ (in Persian).

۵. Omidvari M, Shahbazi D. Assessing and prioritizing health safety and environment risk in hospitals (Case study: Shahid Beheshti University of Medical Sciences). Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences. ۲۰۱۵;۲۴(۱):۴۳-۵۴ (in Persian).

۶. Mirmohammadi T, Naseri Pouya Z, Hosseinalipour Z. Risk factors assessment in educational equipment manufacturers company using FMEA. Journal of Health Research in Community. ۲۰۱۶;۲(۲):۹-۱۸ (in Persian).

۷. David RE, Dobreanu M. Failure modes and effects analysis (FMEA) - An assessment tool for risk management in clinical laboratories. Acta Medica Transilvanica. ۲۰۱۵;۲۰(۴):۱۳۰-۳۴.

۸. Barendsa DM, Oldenhofa MT, Vredenbregta MJ, Nauta MJ. Risk analysis of analytical validations by probabilistic modification of FMEA. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. ۲۰۱۲;۶۴(۶۵):۸۲-۸۶.

۹. Pourang N, Baniamam M. A Guideline on hazards, Health and Safety in the Research and Laboratory Works, Vol ۱: Types of Hazards and Ergonomics in the Laboratory. Tehran: Iranian Fisheries Science Research Institute; ۲۰۱۱ (in Persian).

۱۰. Sharma RK, Kumar D, Kumar P. Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modelling. International Journal of Quality & Reliability Management. ۲۰۰۵;۲۲(۹):۹۸۶-۱۰۰۴.

۱۱. Wang YM, Chin KS, Poon GKK, Yang JB. Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. Expert Systems with Applications. ۲۰۰۹;۳۶:۱۱۹۵-۲۰۷.

۱۲. Gupta PR, Shende MA, Shaikh DM. Ordinal logistic regression model of failure mode and effect analysis (FMEA) in direct compressible buccal tablet. International Journal of Pharma Research & Review. ۲۰۱۳;۲(۶):۹-۱۷.

۱۲. Neshkov T, Stefanov A, Ivanov V. Application of PFMEA for identification of self-recovering failures in production lines for automatic assembly of capacitors. Journal of Mechanics Engineering and Automation. ۲۰۱۳;۳:۱۷۳-۷۸.

۱۳. Rakesh R, Jos BC, Mathew G. FMEA analysis for reducing breakdowns of a subsystem in the life care product manufacturing industry. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT). ۲۰۱۳;۲(۲):۲۱۸-۲۵.

۱۴. Ebrahemzadih M, Halvani GH, Shahmoradi B, Giahi O. Assessment and risk management of potential hazards by failure modes and effect analysis (FMEA) method in Yazd Steel Complex. Open Journal of Safety Science and Technology. ۲۰۱۴;۴:۱۲۷-۳۵.

۱۵. Kangavari M, Salimi S, Nourian R, Omidi L, Askarian A. An application of failure mode and effect analysis (FMEA) to assess risks in petrochemical industry in Iran. Iranian Journal of Health, Safety and Environment. ۲۰۱۵;۲(۲):۲۵۷-۶۳.

۱۶. WHO. Laboratory Biosafety Manual. ۳rd ed. Geneva: World Health Organization; ۲۰۰۴.

۱۷. NFPA. Standard on fire protection for laboratories using chemicals. USA: National Fire Protection Association (NFPA); ۲۰۱۵ [cited ۲۰۱۶ Jul ۱۷]. Available from: http://www.nfpa.org/codes-andstandards/ all-codes-and-standards/list-of-codes-andstandards/ detail?code=۴۵.

۱۸. Furr AK. CRC Handbook of Laboratory Safety. ۵th ed. New York: CRC Press; ۲۰۰۰.

۱۹. Alizadeh Azimi A, Tajrishi B, Kargar Razi M. A Guideline for Safety and Protection at Work with Chemicals. Tehran: Kavosh Ghalam Publication; ۲۰۰۷ (in Persian).

۲۰. Pourang N, Baniamam M, Motallebi A. A Guideline on Hazards, Health and Safety in the Research and Laboratory Works, Vol ۲: Types of Hazards of Equipment and Sampling Laboratory. Tehran: Iranian Fisheries Science Research Institute; ۲۰۱۳ (in Persian).

۲۱. Delkhosh MB. Safety at Work with Chemicals. Tehran: Shahd Publication; ۲۰۰۵ (in Persian).

۲۲. Kiani F, Khodabakhsh MR. The role of supervisor in effectiveness of safety training session and changing employees' attitudes toward safety issues. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. ۲۰۱۵;۳(۱):۴۹-۵۶ (in Persian).

۲۳. Omidvari M, Mansouri N. Fire and spillage risk assessment pattern in scientific laboratories. International Journal of Occupational Hygiene. ۲۰۱۵;۶(۲):۶۸-۷۴.

۲۴. Zamanian Z, Afshin A, Davoudiantalab AH, Hashemi H. Comprehension of workplace safety signs: A case study in Shiraz industrial park. Journal of Occupational Health and Epidemiology. ۲۰۱۳;۲(۱-۲):۳۷-۴۳.