



شناسایی و ارزیابی مخاطرات ایمنی آزمایشگاه‌های پژوهشکده میگوی کشور و اثربخشی اقدامات با استفاده از تکنیک FMEA

مریم میربخش^{۱*}، غفور نوریان^۲، فریبا اسماعیلی^۳، بابک قائدینیا^۴، پریسا حسین خضری^۵، محمدعلی نظاری^۶، احترام محمدی^۷

چکیده

مقدمه: ایمنی، افزایش سطح آگاهی و پیشگیری از وقوع مخاطرات به منظور تداوم ارتقای کیفی فعالیت آزمایشگاه‌ها ضروری است و امروزه مورد توجه مجامع علمی، پژوهشی و صنعتی قرار گرفته است. بنابراین مطالعه‌ای با هدف تعیین ضریب ریسک، مخاطرات احتمالی و ارائه برنامه‌های عملی در آزمایشگاه‌های پژوهشکده میگوی کشور انجام گردید.

روش بررسی: مخاطرات ایمنی هشت آزمایشگاه پژوهشکده میگوی کشور با تکنیک تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن (Failure Mode and Effects Analysis) طی مطالعه مداخله‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای این منظور در فاز اول تیم متخصصین ایمنی (HSE: Health and Safety Executive)، با تهیه و تکمیل فرم‌های پرسشنامه ایمنی، وضعیت موجود شاخص‌های ایمنی و نقاط خطر آزمایشگاه‌ها، ارزیابی میزان فاصله با شاخص‌های ایمنی و مدیریت نقاط خطر را شناسایی و بر اساس میزان شدت خطر (Severity)، احتمال وقوع (Occurrence) و احتمال کشف خطر (Detection)، رویکرد عدد اولویت ریسک (RPN) را محاسبه، اولویت‌بندی و اقدامات اصلاحی پیشنهاد شدند. در فاز دوم پس از اقدامات اصلاحی پرسشنامه ایمنی مجدداً تکمیل و میزان شدت خطر، احتمال وقوع، احتمال کشف، عدد اولویت ریسک، عدد ریسک و درصد کاهش عدد اولویت ریسک آزمایشگاه‌های تحت مطالعه محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها: ۳۵ مورد نقاط خطر در آزمایشگاه‌ها شناسایی شد، دامنه اعداد اولویت ریسک از $RPN = 12$ مربوط به آزمایشگاه پلانکتون‌شناسی تا $RPN = 210$ مربوط به آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی دریا و آلاینده‌های دریایی بود که پس از انجام اقدامات کنترلی عدد ریسک آزمایشگاه میکروبیولوژی دریا به ۱۸۰ و آلاینده‌های دریایی به ۱۲۰ کاهش یافت ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان داد که تکنیک FMEA در شناسایی نقاط خطر آزمایشگاه‌ها، ارزیابی، طبقه‌بندی ریسک‌های آزمایشگاه‌های پژوهشکده میگوی کشور مناسب بوده و ارائه و اجرای راهکارهای کنترلی در حذف یا کاهش رتبه ریسک محیط‌های پژوهشی اثربخش می‌باشد.

کلید واژه‌ها: مخاطرات، آزمایشگاه، ایمنی، FMEA

مقاله پژوهشی



تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۰۳

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۰۸

ارجاع:

میربخش مریم، نوریان غفور، اسماعیلی فریبا، قائدینیا بابک، حسین خضری پریسا، نظاری محمدعلی، محمدی احترام. شناسایی و ارزیابی مخاطرات ایمنی آزمایشگاه‌های پژوهشکده میگوی کشور و اثربخشی اقدامات با استفاده از تکنیک FMEA. بهداشت کار و ارتقاء سلامت. ۱۴۰۰؛ ۳(۵): ۲۸۵-۲۹۶.

^۱ مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

* (نویسنده مسئول: m.mirbakhsh@ifro.ir)

^۲ گروه منابع طبیعی و شیلات، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

^۳ مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۴ مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۵ پژوهشکده میگوی کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران

^۶ پژوهشکده میگوی کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران

^۷ پژوهشکده میگوی کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران

مقدمه

در جامعه امروز بهداشت و ایمنی کار یکی از سرفصل‌های مهم علوم می‌باشد. آزمایشگاه‌ها یکی از محیط‌های کار می‌باشند که حوادث و خطرات بیشتری در آنها رخ می‌دهد. این خطرات ناشی از عوامل شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی بوده و منجر به حوادثی مانند: انفجار، بریدگی‌ها، پارگی‌ها، حساسیت‌ها، صدمات چشمی حاصل از تماس مواد شیمیایی، آتش‌سوزی، سرطان و همچنین آلودگی‌های عفونی منتقله توسط میکروارگانیسم‌هایی مانند: باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، انگل‌ها و ... به انسان و مرگ و میر حاصل از تنفس گازها و سموم می‌گردد. برطبق آمار سازمان جهانی کار، هر ساله بیش از دو میلیون نفر در اثر حوادث و بیماری‌های ناشی از کار فوت می‌نمایند و از این تعداد ۳۵۰ هزار مرگ، بر اثر آسیب‌های مرگبار حین کار می‌باشد. نرخ خسارات اقتصادی ناشی از سوانح شغلی قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد، بر اساس آمارهای موجود از کشورهای آمریکا، انگلیس و نروژ، نرخ تقریبی خسارات به میلیاردها دلار می‌رسد. این سوانح در صورت معلولیت و ازکارافتادگی یا مرگ علاوه بر ایجاد صدمات روانی در پرسنل و خانواده‌های آنها یک آسیب اجتماعی نیز محسوب می‌گردند (۱) طبق آمار حوادث ناشی از کار ثبت شده در سال ۱۳۹۶، توسط وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی ایران، رقم مطلق حوادث ناشی از کار بدون لحاظ جمعیت کارگری، ۱۰۶۹۷ مورد بوده که ۸۴۳ مورد منجر به فوت شده است (۲). بر این اساس مسائل ایمنی و بهداشتی مربوط به کار آزمایشگاهی توسط سازمان‌های بسیاری مورد تجدید نظر قرار گرفته است (۳). در حال حاضر بیش از ۷۰ نوع مختلف کیفی و کمی تکنیک‌های ارزیابی مخاطرات و ایمنی در دنیا وجود دارد. این روش‌ها معمولاً برای شناسایی، کنترل و کاهش پیامدهای خطرات به کار می‌روند. عمده تکنیک‌های موجود، برای ارزیابی مخاطرات مناسب بوده و نتایج آنها را می‌توان جهت مدیریت و تصمیم‌گیری در خصوص کنترل و کاهش پیامدها بدون نگرانی به کار برد، هر یک از صنایع بسته به نیاز خود می‌تواند از

روش‌های مذکور بهره لازم را کسب کنند. یکی از وظایف سیستم‌های ایمنی و بهداشت (HSE) موجود در هر صنعت، بررسی کلیه روش‌های ارزیابی مخاطرات و انتخاب روش مناسب جهت اجرا در صنعت و سازمان متبوع می‌باشد. بطور کلی می‌توان گفت که از نوع روش استفاده شده در ارزیابی ریسک و عمق ارزیابی آن تا حدی میتوان به توانایی سیستم ایمنی موجود و در نتیجه نحوه مدیریت ایمنی در صنعت مذکور پی برد. تکنیک‌های مختلفی برای شناسایی و ارزیابی مخاطرات وجود دارد مانند: پایش مدیریت و نمودار درختی ریسک (MORT: Management Oversight and Risk Tree)، ردیابی انرژی و تجزیه تحلیل حفاظها (ETBA: Energy Trace & Barrier Analysis)، ارزیابی مقدماتی خطر (PHA: Preliminary Hazard Analysis)، مطالعه عملیات و خطر (HAZOP: Hazard and Operability Analysis)، ارزیابی ریسک به روش آنالیز خطر عملیات و پشتیبانی (O&SHA: Operational & Support Hazard Analysis) و روش ELMERI (۴، ۵). از میان این تکنیک‌ها، روش تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن (FMEA) در دهه ۱۹۴۰ به دلیل اهمیت مسائل ایمنی و پیشگیری از حوادث قابل پیش‌بینی در ارتش ایالات متحده و سپس در اواسط دهه ۱۹۶۰ در صنعت هوا-فضا (ناسا)، استفاده و به تصویب رسید و در سال‌های بعد این روش به عنوان ابزاری کلیدی برای افزایش ایمنی در فرایندهای صنایع شیمیایی، غذایی، خودروسازی و بسیاری از صنایع دیگر مطرح گشت. در سال‌های اخیر FMEA به عنوان ابزاری موفق در سیستم مراقبت بهداشتی برای بهبود ایمنی در بیمارستان‌ها بوده (۶، ۷) و امروزه از آن برای ارزیابی ریسک فرایندهای تولید زیست‌داروها، غربالگری داروها و آزمایشات بالینی استفاده می‌شود (۸-۱۰). با این حال، هنوز گزارش‌های کمی در مورد کاربرد این تکنیک در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در دسترس است (۱۱). در مطالعه‌ای که در دانشگاه تهران صورت گرفت تاثیر پیاده‌سازی سیستم مدیریت یکپارچه



(IMS) را در یکی از کارخانجات شهر یزد بر شاخص‌های پایش عملکرد ایمنی با استفاده از ارزیابی ریسک به روش FMEA مورد مطالعه قرار دادند و نتایج این مطالعه نشان داد که پیاده‌سازی سیستم مدیریت یکپارچه، به طور معنی‌داری بر روی شاخص‌های ارزیابی ریسک ایمنی به روش FMEA تاثیرگذار بوده و باعث بهبود سطح ایمنی کارخانه مورد مطالعه گردیده است (۱۲). در پژوهشی که در یازده آزمایشگاه با زمینه کاری اکولوژی دریا انجام شد، این تکنیک به عنوان روشی کارآمد در ارزیابی مخاطرات کارکنان آزمایشگاه‌های پژوهشی معرفی شد (۱۳). تکنیک FMEA متکی بر قانون پیشگیری قبل از وقوع است که برای شناسایی عوامل بالقوه خطا بکار می‌رود. در این روش رتبه‌بندی عوامل ایجادکننده خطا و مخاطرات، با استفاده از عدد اولویت ریسک (RPN)، که حاصل ارزیابی سه مؤلفه شدت خطر (Severity)، احتمال وقوع (Occurrence) و احتمال کشف خطر (Detection) است محاسبه، اولویت‌بندی و تحلیل می‌شود (۱۴). سطح ریسک قابل قبول برای هر سازمان یا هر فرد متفاوت بوده و بستگی به منابع مالی و اقتصادی، محدودیت‌های تکنولوژیکی، عوامل انسانی، صلاحدید و تصمیم مدیریت و ریسک‌های زمینه‌ای مثل ریسک‌های مخفی دارد.

پژوهشکده میگوی کشور دارای بیش از ۵۰ دهه سابقه پژوهشی در زمینه دریا و پرورش آبزیان به ویژه میگو می‌باشد و با توجه به ماموریت‌های سازمانی، به منظور دستیابی به اهداف تعریف شده، آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی دریا، آسیب‌شناسی، ژنتیک مولکولی، شیمی فیزیک دریا، آلاینده‌های دریایی، پلانکتون‌شناسی، رسوب و بنتوز و زیست‌سنجی آبزیان به تفکیک احداث گردیده‌اند. مهمترین فعالیت این آزمایشگاه‌ها شامل: آنالیز نمونه‌های آب، رسوب و آبزیان از نظر میکروبی‌شناسی، تهیه اسلاید آسیب‌شناسی، آزمون‌های مولکولی، آنالیز مواد مغذی و آلاینده‌ها، شناسایی جمعیت‌های پلانکتونی، کف‌زبان (بنتوز) و دانه‌بندی رسوبات می‌باشد. آزمایشگاه‌های ژنتیک مولکولی، پلانکتون‌شناسی و

آسیب‌شناسی دارای گواهی احراز صلاحیت ایزوآی‌سی ۱۷۰۲۵ می‌باشند و قوانین این استاندارد در سایر آزمایشگاه‌ها نیز اجرا می‌گردد (۱۵). در مفاد استاندارد ایران ایزوآی‌سی ۱۷۰۲۵ (تجدید نظر اول) که یکی از استانداردهای تخصصی و اختیاری برای تشریح سیستم مدیریت کیفیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون می‌باشد، موضوع ایمنی و ارزیابی مخاطرات در آزمایشگاه‌های آزمون پوشش کامل داده نشده و فقط تلویحاً به آن اشاره شده است (۱۶). از آن جهت که سلامت و ایمنی پرسنل و آزمایشگاه‌ها یکی از موارد مهم و قابل توجه می‌باشد، حفاظت و ایمنی سازمان یافته و سیستماتیک در آزمایشگاه‌های پژوهشکده میگو ضروری نموده و بر این اساس پژوهش شناسایی و ارزیابی مخاطرات آزمایشگاه‌های پژوهشکده میگوی کشور با استفاده از تکنیک FMEA به منظور کاهش ریسک بروز مخاطرات انجام و محاسبه ریسک بروز خطر قبل و بعد از اقدامات اصلاحی محاسبه شد.

روش بررسی

این پژوهش یک مطالعه مداخله‌ای می‌باشد که طی سال‌های ۱۳۹۳ (سال‌های قبل از اجرای اقدامات کنترلی) و سال ۱۳۹۴ (سال‌های بعد از اجرای اقدامات کنترلی) در ۸ باب آزمایشگاه با اسامی آسیب‌شناسی، آلاینده‌های دریایی، پلانکتون‌شناسی، رسوب و بنتوز، زیست‌سنجی آبزیان، ژنتیک مولکولی، شیمی فیزیک دریا و میکروبیولوژی دریا انجام شد.

فرایند ارزیابی با تکنیک FMEA

۱- تعیین تیم بررسی‌کننده ریسک‌ها

ابتدا تیمی مجرب متشکل از مدیران فنی آزمایشگاه‌ها و مشاور HSE تشکیل شد.

۲- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به فرایند و تعیین

خطرات بالقوه

تیم مذکور طی بازدید از آزمایشگاه‌ها، نحوه فعالیت‌ها و فرایندها، عوامل بالقوه موثر در ایجاد خطر، تمام خطرات محیطی، تجهیزاتی، مواد، انسانی و... که ایمنی را تهدید می‌کند را در نظر گرفته و همچنین حالات هر خطر را نیز مورد تجزیه



ردیف	عوامل بالقوه موثر در ایجاد خطر
۱۹	راههای خروج اضطراری
۲۰	وسایل حفاظت فردی
۲۱	دوش اضطراری
۲۲	دستگاه چشم شوی
۲۳	گذراندن دوره‌های آموزش ایمنی کار در آزمایشگاه
۲۴	ثبت و گزارش حوادث مخاطره‌آمیز
۲۵	تهویه عمومی
۲۶	کالیبراسیون تجهیزات مورد استفاده
۲۷	وضعیت مناسب ایمنی انبارها
۲۸	چیدمان مناسب مواد شیمیایی در انبار
۲۹	خطر سقوط اجسام
۳۰	وضعیت مناسب نظافت عمومی
۳۱	روشنایی مناسب آزمایشگاه
۳۲	وضعیت مناسب ایمنی اتوکلاو
۳۳	ایمنی شلنگ گاز وسایل
۳۴	نظم و انضباط مطلوب کارگاهی
۳۵	واکسیناسیون پرسنل

و تحلیل قرار داده و چک لیست بازرسی ایمنی شامل ۳۵ مورد از خطرات تجهیزات، محیط کار و عوامل فیزیکی، روش‌های آزمون و فاکتورهای انسانی بزای هر آزمایشگاه تدوین شد (جدول ۱) و برای هر خطر، وجود یا عدم وجود و یا عدم سنخیت با آزمایشگاه، در چک لیست بازرسی ایمنی لحاظ گردید.

جدول ۱: چک لیست بازرسی ایمنی آزمایشگاه‌ها

ردیف	عوامل بالقوه موثر در ایجاد خطر
۱	هود ایمنی
۲	دستورالعمل حفاظت و ایمنی کارکنان
۳	دستورالعمل نحوه سترون‌سازی و ضدعفونی
۴	دستورالعمل دفع پسماند
۵	تفکیک پسماندها
۶	دستورالعمل طریقه شستشوی لوازم شیشه‌ای
۷	دستورالعمل ایمنی کار با سانتریفیوژ
۸	نگهداری مناسب مواد خطرناک در آزمایشگاه
۹	ایمنی مطلوب ابزارهای خطرناک
۱۰	تشعشعات الکترومغناطیسی
۱۱	خطر حریق
۱۲	سیلندرهای اطفاء حریق
۱۳	دکتورهای اعلام حریق
۱۴	سیستم های خودکار اطفاء حریق
۱۵	افراد آموزش‌دیده در زمینه حریق
۱۶	برگه‌های MSDS
۱۷	پوسترهای ایمنی و علائم هشداردهنده
۱۸	جعبه کمک‌های اولیه

۳- تجزیه و تحلیل ریسک‌ها

در این مرحله، سه مؤلفه ارزیابی ریسک یعنی میزان شدت خطر (Severity)، احتمال وقوع (Occurrence) خطر و احتمال کشف خطر (Detection) که توسط یک ماتریس ۱۰ حالتی بیان می‌گردند و مقیاس ۱ تا ۱۰ دارد. (جدول ۲-۴) محاسبه شد (۱۷، ۱۸).

جدول ۲: مقیاس‌های شدت خطر (S)

رتبه	شرح	شدت اثر
۱۰	وخامت تاسف‌بار است مثل خطر مرگ، تخریب کامل	خطرناک - بدون هشدار
۹	وخامت تاسف‌بار است اما همراه با هشدار است	خطرناک - با هشدار
۸	وخامت جبران ناپذیر است - عدم توانایی انجام وظیفه اصلی / از دست دادن یک عضو بدن	خیلی زیاد
۷	وخامت زیاد است همانند آتش گرفتن تجهیزات سوختگی بدن	زیاد
۶	وخامت کم است مانند ضرب دیدگی، مسمومیت خفیف غذایی	متوسط
۵	وخامت خیلی کم است مانند ضرب دیدگی مسمومیت خفیف غذایی	کم
۴	وخامت خیلی کم است ولی بیشتر افراد آن را احساس می‌کنند مانند: نشت جزئی گاز	خیلی کم
۳	اثر جزئی بر جا می‌گذارد مثل خراش دست دست بهنگام تراشکاری	اثرات جزئی
۲	اثر خیلی جزئی دارد	خیلی جزئی
۱	بدون اثر	هیچ



جدول ۲: احتمال وقوع خطر (O)

رتبه	نرخ های احتمالی خطر	احتمال وقوع خطر
۱۰	در ۲ یا بیش از آن	بسیار زیاد - خطر تقریباً اجتناب ناپذیر است
۹	در ۳	
۸	در ۸	زیاد خطرهای تکراری
۷	در ۲۰	
۶	در ۸۰	
۵	در ۴۰۰	متوسط - خطرهای موردی
۴	در ۲۰۰۰	
۳	در ۱۵۰۰۰	کم: خطرهای نسبتاً نادر
۲	در ۱۵۰۰۰۰	
۱	کمتر از ۱ در ۱۵۰۰۰۰۰	بعید: خطر نامحتمل است

جدول ۳: احتمال کشف خطر (D)

رتبه	قابلیت کشف	معیار: احتمال کشف خطر
۱۰	مطلقاً هیچ	هیچ کنترلی وجود ندارد و یا در صورت وجود قادر به کشف خطر بالقوه نیست
۹	خیلی ناچیز	احتمال خیلی ناچیزی دارد که با کنترل های موجود خطر ردیابی و آشکار شود
۸	ناچیز	احتمال ناچیزی دارد که با کنترل های موجود خطر ردیابی و آشکار شود
۷	خیلی کم	احتمالی خیلی کمی دارد که با کنترل های موجود خطر ردیابی و آشکار شود
۶	کم	احتمال کمی دارد که با کنترل های موجود خطر ردیابی و آشکار شود
۵	متوسط	در نیمی از موارد محتمل است که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۴	نسبتاً زیاد	احتمال نسبتاً زیادی وجود دارد که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۳	زیاد	احتمال زیادی وجود دارد که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۲	خیلی زیاد	احتمال خیلی زیاد وجود دارد
۱	تقریباً حتمی	تقریباً بطور حتم با کنترل های موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار می شود.

ریسک هایی که مقدار RPN بالاتری داشتند در اولویت بالاتر برای تجزیه و تحلیل قرار گرفته و تعیین اولویت اقدامات اصلاحی مطابق با جدول ۵ انجام پذیرفت (۱۸).

جدول ۴: طبقه بندی عدد ریسک *

O/S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	N	N	N	N	N	N	N	N	C	C
2	N	N	N	N	N	N	10	8	C	C
3	N	N	N	N	10	7	6	5	C	C
4	N	N	N	8	6	5	4	4	C	C
5	N	N	10	6	5	4	3	3	C	C
6	N	N	7	5	4	3	3	2	C	C
7	N	10	6	4	3	3	2	2	C	C
8	N	8	5	4	3	2	2	2	C	C
9	N	7	5	3	3	2	2	1	C	C
10	N	6	4	3	2	2	1	1	C	C

*S= شدت، O= وقوع، N= اقدام اصلاحی نیاز نمی باشد، C= نیاز به اقدام اصلاحی می باشد (در صورتیکه احتمال کشف خطر برابر یا بزرگتر از عدد جدول است)

۴- محاسبه عدد ریسک (RiskNumber) و اولویت

ریسک (Risk Priority Number)

در این مرحله عدد ریسک (RN) و عدد اولویت ریسک (RPN) هر آزمایشگاه مطابق رابطه های ذیل محاسبه گردید:

عدد ریسک حاصل ضرب دو عدد شدت (S) و وقوع (O)

است و عددی بین ۱ و ۱۰۰ خواهد بود.

$$RN = S \times O$$

عدد اولویت ریسک حاصل ضرب سه عدد شدت (S) و وقوع (O)

و احتمال کشف (D) است.

$$RPN = S \times O \times D$$

۵- اولویت بندی مخاطرات

در این مرحله مخاطرات، براساس عدد ریسک، رتبه بندی و



$$RPN \text{ نهایی} - RPN \text{ اولیه} = \frac{RPN \text{ اولیه}}{RPN \text{ اولیه}} \times \text{درصد کاهش عدد اولویت ریسک}$$

یافته‌ها

بر اساس یافته‌های حاصل قبل از اقدامات کنترلی بیشترین عدد اولویت ریسک مربوط به آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی و آلاینده‌ها با عدد ریسک ۲۱۰ و در مرتبه بعدی آزمایشگاه شیمی فیزیک با عدد اولویت ریسک ۱۵۰ و سپس آزمایشگاه‌های ژنتیک مولکولی (استخراج)، رسوب و بنتوز، آسیب‌شناسی، ژنتیک مولکولی (الکتروفورز)، پلانکتون‌شناسی و زیست‌سنجی قرار داشتند (نمودار ۱ و جدول ۷) که پس از انجام اقدامات کنترلی عدد ریسک آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی به ۸۰، آلاینده‌ها ۱۲۰، آزمایشگاه شیمی فیزیک ۴۸، آزمایشگاه ژنتیک مولکولی (استخراج) و رسوب و بنتوز ۷۲، آسیب‌شناسی ۱۲، ژنتیک مولکولی (الکتروفورز)، پلانکتون‌شناسی و زیست‌سنجی به ۸ کاهش یافت. قبل از اقدامات کنترلی ۲۲ درصد آزمایشگاه‌ها دارای رتبه ریسک کم بودند که پس از اجرای اقدامات کنترلی آزمایشگاه‌های دارای ریسک کم به ۴۵ درصد افزایش یافتند (نمودار ۲-۱). میزان عدد اولویت ریسک قبل و بعد از اقدامات کنترلی اختلاف معنادار داشتند ($P < 0.05$).

جدول ۶: عدد اولویت ریسک و رتبه ریسک آزمایشگاه‌ها قبل و پس از اقدامات کنترلی

ردیف	نام آزمایشگاه	عدد اولویت ریسک (RPN)		رتبه ریسک (سطح)	
		قبل از اقدامات کنترلی	پس از اقدامات کنترلی	قبل از اقدامات کنترلی	پس از اقدامات کنترلی
۱	آسیب‌شناسی	۴۵	۱۸	متوسط	کم
۲	آلاینده‌ها	۲۱۰	۱۲۰	بسیار زیاد	متوسط
۳	پلانکتون‌شناسی	۱۲	۸	کم	کم
۴	رسوب و بنتوز	۷۲	۴۸	متوسط	متوسط
۵	زیست‌سنجی آبزیان	۱۲	۸	کم	کم
۶	ژنتیک مولکولی (استخراج)	۱۲۰	۴۸	زیاد	متوسط
۷	ژنتیک مولکولی (الکتروفورز)	۲۸	۸	کم	کم
۸	شیمی فیزیک	۱۵۰	۸۰	زیاد	متوسط
۹	میکروبیولوژی	۲۱۰	۱۵۰	بسیار زیاد	زیاد

۶- اقدامات کنترلی و اصلاحی پیشنهادی

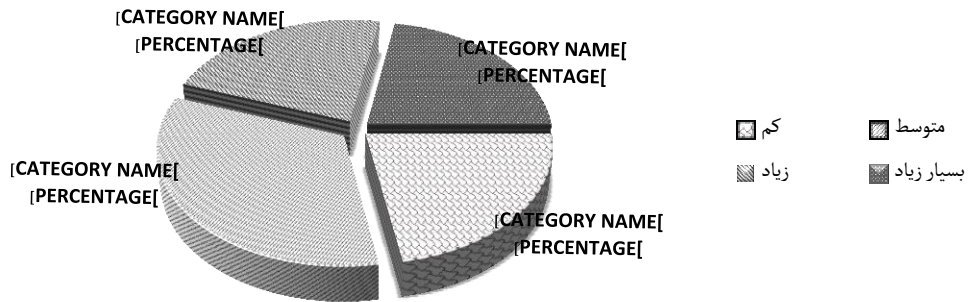
اقدامات اصلاحی مطابق جدول ۶، در جهت حذف علل ریشه‌ای خطر، کاهش شدت اثر خطا، افزایش احتمال کشف خطر در فرایند و افزایش رضایت کاری کارکنان از وضعیت ایمنی (۱۷)، به مدیران پژوهشکده و مدیران فنی آزمایشگاه‌ها اعلام گردید. جدول ۵-سلسله مراتب اقدامات کنترلی جهت کاهش یا حذف مخاطرات

سطح ریسک	اقدامات کنترلی
کم	قابل چشم پوشی است
متوسط	اقدامات کنترلی موجود حفظ گردد
زیاد	در آینده می‌بایست اقدامات کنترلی اجرا گردد.
بسیار زیاد	می‌بایست هر چه سریعتر اقدامات کنترلی اجرا گردد.

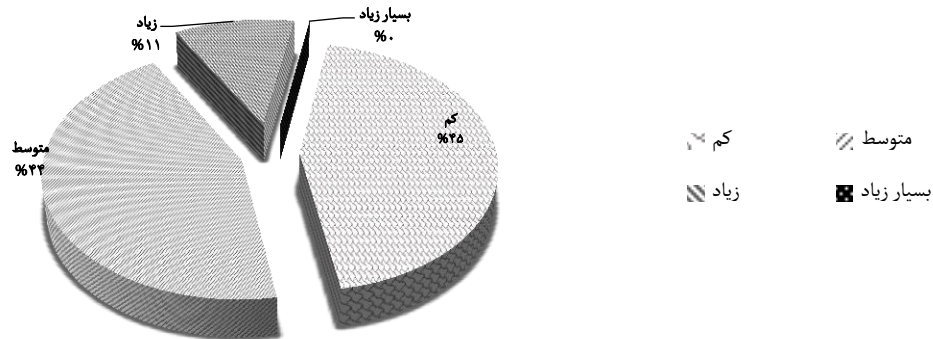
۷- محاسبه عدد ریسک و اولویت ریسک پس از

انجام اقدامات کنترلی و اصلاحی

پس از انجام اقدامات اصلاحی توسط مدیران فنی آزمایشگاه‌ها، چک لیست بازرسی ایمنی مجدداً تکمیل و شدت خطر، احتمال وقوع، احتمال کشف خطر، عدد اولویت ریسک، عدد ریسک و همچنین درصد کاهش عدد اولویت ریسک مطابق رابطه زیر محاسبه گردید و آنالیز آماری عدد اولویت ریسک قبل و بعد از اقدامات کنترلی توسط آزمون t دو نمونه وابسته (Paired - sample t Test) بررسی گردید.



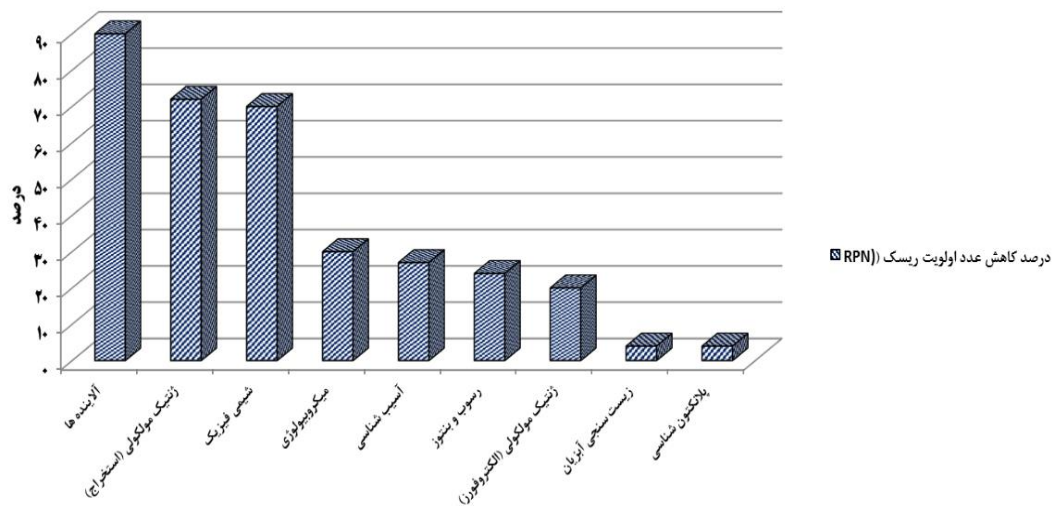
نمودار ۱: درصد پراکندگی رتبه های ریسک آزمایشگاه های پژوهشکده میگوی کشور قبل از اقدامات کنترلی



نمودار ۲: درصد پراکندگی رتبه های ریسک آزمایشگاه های پژوهشکده میگوی کشور پس از اقدامات کنترلی

و کمترین آن در آزمایشگاه پلانکتون شناسی (۴درصد) بود (نمودار ۳).

پس از انجام ۱۱ مورد از اقدامات اصلاحی بیشترین درصد کاهش عدد اولویت ریسک در آزمایشگاه آلاینده ها (۹۰ درصد)



نمودار ۳: درصد کاهش عدد اولویت ریسک پس از اقدامات اصلاحی



بحث

روشی که در ارزیابی مخاطرات و آزمایشگاه‌های پژوهشکده میگوی کشور به کار گرفته شد روش تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن (FMEA) بود، در طی این مطالعه اجرای اقدامات کنترلی کم هزینه مانند: تدوین چهار دستورالعمل با عنوان‌های حفاظت و ایمنی کارکنان، طریقه شستشوی لوازم شیشه‌ای، نحوه سترون سازی و ضدعفونی، دفع پسماند، تفکیک پسماندها و نصب بنر بر گه اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی (MSDS)، ثبت و گزارش حوادث مخاطره آمیز، اکتیو سیلندر اطفای حریق و جعبه کمک‌های اولیه، تعمیر دوش اضطراری، دستگاه چشم شوی مشترک در راهروی آزمایشگاه‌ها و بازآموزی ایمنی کار در آزمایشگاه، منجر به کاهش سطح ریسک در آزمایشگاه‌های آسیب‌شناسی، پلانکتون‌شناسی، زیست‌سنجی آبزیان، ژنتیک مولکولی (استخراج و الکتروفورز) به رتبه کم شد که قابل چشم‌پوشی است و در آزمایشگاه‌های شیمی فیزیک، رسوب و بنتوز و آلاینده‌ها به رتبه متوسط تقلیل یافت که نیاز به حفظ اقدامات کنترلی داشت، همچنین در آزمایشگاه میکروبیولوژی سطح ریسک از بسیار زیاد به زیاد کاهش یافت و در آینده می‌بایست اقدامات کنترلی انجام گردد. نتایج حاصل از این ارزیابی نشانگر دو گروه نارسایی در کل سیستم آزمایشگاه بود که عبارتند از: نارسایی‌های ساختاری ناشی از منابع مالی و نارسایی‌هایی سازمانی ناشی از عدم اطلاع و آموزش نیروهای انسانی؛ از نارسایی‌های ساختاری برطرف نشده در سیستم می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

سیستم خودکار اطفای حریق، اتاق مجزا با صفحه پران برای اتوکلاو، لوله‌کشی گاز به منظور انتقال کپسول گاز به بیرون فضای آزمایشگاه، ایجاد انبار مناسب با تهویه و شرایط استاندارد و هود چتری آزمایشگاه رسوب و بنتوز. از نظر نیروی انسانی نیز استخدام و یا آموزش افراد در زمینه اطفای حریق در دستور کار قرار گرفت، همچنین یکی از مواردی که توسط تیم HSE در بیشتر آزمایشگاه‌ها گزارش شد، عدم آگاهی، فراموشی و حتی

عدم توجه به موارد ایمنی علی‌رغم اطلاع از خطرات توسط کارشناسان بود.

تکنیک‌های مختلفی برای ارزیابی ریسک مخاطرات آزمایشگاه‌ها و محیط‌های کاری وجود دارد. در مطالعه توصیفی-تحلیلی که به منظور شناسایی خطرات آزمایشگاه‌های دانشگاه علوم پزشکی یزد در سال ۱۳۸۹ به انجام رسید، عمده نارسایی‌ها مدیریتی بوده و سایر نواقص به ترتیب اولویت، مواردی از قبیل عدم تهویه مناسب، کمبود سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی، عدم دستورالعمل‌های کار ایمن و کمبود فضای فیزیکی بوده است (۱۹).

طبق مطالعه‌ای که توسط پژوهشکده هوا خورشید دانشگاه فردوسی مشهد، به منظور ارزیابی مخاطرات ایمنی و بهداشتی با تکنیک FMEA انجام شد، استفاده از این تکنیک برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌های شغلی در محیط‌های پژوهشی مناسب بوده و به تیم HSE برای ارائه راهکارهای کنترلی کمک خواهد کرد (۲۰).

در آزمایشگاه‌های آموزشی-تحقیقاتی دانشگاه شهید بهشتی، ارزیابی ریسک مواجهه شغلی پژوهشگران به عوامل شیمیایی زیان آور انجام شد. در این بررسی ابتدا غلظت اولیه تمامی مواد شیمیایی محاسبه و سپس با توجه به عبارت ریسک‌اولیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد، با بکارگیری جداول مربوط به کمیته دولتی ایمنی و بهداشت شغلی کشور استرالیا اقدام به محاسبه ریسک ثانویه شد. طبق بررسی‌های انجام شده ۹۳ درصد از مواجهه شغلی دارای ریسک متوسط و ۷ درصد از مواجهه‌ها دارای ریسک کم بودند. پر ریسک‌ترین‌ها مربوط به آزمایشگاه‌های دانشکده بهداشت و بیولوژی مولکولی و کم‌ریسک‌ترین مربوط به آزمایشگاه ایمونولوژی بود (۲۱)؛ Mirabelli و همکاران در سال ۲۰۱۱ ارزیابی ریسک مواجهه دانشجویان و اساتید با محلول فرمالین را بررسی نموده و گزارش کردند که رعایت اقدامات کنترلی و اصلاحی از قبیل استفاده از وسایل حفاظت فردی، بهبود سیستم تهویه مطبوع و



بر شواهد مفید می‌باشد و در بهبود عدم قطعیت، قابلیت اطمینان و تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها در آزمایشگاه‌های دارای استاندارد ISO 17025: 2017 نیز می‌تواند مفید واقع شود (۱۱).

نتیجه‌گیری

باید توجه داشت که مخاطرات همیشه برای کارکنان آزمایشگاه آشکار نیست و لذا غفلت درباره تدابیر ایمنی و بهداشتی می‌تواند نتایج جدی در برداشته باشد. یک سیاست ایمنی وقتی موفق خواهد بود که ترتیب ایجاد، ادامه و اجرای آن توسط یک مدیر مسئول و دارای قدرت کافی مورد حمایت قرار گیرد و مسئولیت او از مرحله طراحی آزمایشگاه و نصب وسایل شروع شود. در پژوهش انجام شده به منظور ارزیابی مخاطرات آزمایشگاه از تکنیک FMEA بهره گرفته شد که در واقعی تکنیکی است برای یک اقدام قبل از واقعه و با توجه به آشکار شدن نارسایی‌های آزمایشگاه‌ها در این ارزیابی و اثربخشی اقدامات اصلاحی و کنترلی، تکنیک FMEA، می‌تواند نقش موثری در مدیریت بهبود ریسک مخاطرات آزمایشگاه‌ها داشته باشد.

تقدیر و تشکر

این طرح با کد ۹۱۰۰۱-۹۱۶۰-۱۲-۱۲-۱۲ در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی مصوب گردیده است. بدین وسیله از تمامی همکاران بزرگوار که در این طرح با ما همکاری کردند صمیمانه کمال تشکر و قدردانی را داریم.

مشارکت نویسندگان

طراح پژوهش: م.م

جمع آوری داده: م.م

تحلیل داده: غ. ن

نگارش و اصلاح مقاله: م.م- ب.ق

تضاد منافع

در این مطالعه هیچ‌گونه تضاد منافی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

ترمیم لوله‌های دودکش می‌تواند منجر به تامین شرایط راحت کار و کاهش مشکلات بهداشت حرفه‌ای و جلوگیری از بروز بیماری در دانشجویان و اساتید در آزمایشگاه آناتومی گردد (۲۲). لذا با توجه به روش بکار رفته در ارزیابی ریسک خطر این اعداد متغیر بوده و ریسک خطر آزمایشگاه‌ها اگر بر اساس مواد شیمیایی و اندازه‌گیری میزان آنها بود احتمال تغییر رتبه‌بندی اولویت ریسک آزمایشگاه‌های مورد بررسی در پژوهشکده میگو وجود داشت.

در بررسی‌هایی که در دانشگاه‌های کشور چین در سال ۲۰۰۹ انجام شد به این نتیجه دست یافتند که قوانین و مقررات ایمنی آزمایشگاه‌ها در این کشور کمبود قابل ملاحظه‌ای دارد و قوانین جدیدی را جهت ارتقای سطح ایمنی آزمایشگاه‌ها وضع نمودند (۲۳-۲۵). در این پژوهش نیز تدوین دستورالعمل‌های ایمنی و اطلاع رسانی‌های مجدد به کارشناسان آزمایشگاهی منجر به کاهش قابل قبول ریسک خطر در بسیاری از آزمایشگاه‌ها شد و می‌توان اظهار داشت با اقدامات کنترلی کم‌هزینه نیز می‌توان ریسک خطر را کاهش داد. شاهی دیگر بر این مدعا افزایش احتمال کشف خطر از خیلی کم به خیلی زیاد در آزمایشگاه الکتروفورز می‌باشد که علت اصلی آن مربوط به برقراری نظم و انضباط مطلوب و نگهداری مناسب مواد خطرناک پس از اقدامات کنترلی است. هر اندازه از عمر سیستم گذشته باشد انجام تغییرات برای کاهش ریسک آنها پرهزینه‌تر است و اولویت‌بندی اقدامات مهم هستند.

طبق گزارش Mascia و همکاران، تکنیک ارزیابی ریسک FMEA در آزمایشگاه‌ها و آزمون‌های غیر رایج نیز موثر بوده و سبب افزایش اثربخشی، کارایی، قابلیت تکرارپذیری نتایج پژوهش می‌شود، همچنین با توجه به تفکر مبتنی بر ریسک ارائه شده در استاندارد جدید ISO 9001: 2015 تکنیک FMEA، در تجزیه و تحلیل ریسک فرآیندهای عملیاتی تحت سیستم مدیریت کیفیت دارای گواهینامه ایزو با رویکرد مبتنی





منابع

1. Takala J, editor Introductory report: decent work–safe work. XVIth World Congress on Safety and Health at Work; 2002: International Labour Office, Vienna.
2. Statistics of work-related accidents registered by the Ministry of Cooperatives. 2017. Labour and Social Welfare (General Directorate of Labor Inspection). Available at: <https://bazresikar.mcls.gov.ir/fa/workaccident/statistics>. Accessed Sep5, 2021.
3. Furr AK. CRC handbook of laboratory safety: CRC press; 2000
4. Malakoutikhah M, Korouni H, Jahangiri M. "Safety and Health Status of Educational and Research Laboratories of Shiraz University of Medical Sciences based on ELMERI Approach". occupational hygiene and health promotion journal. 2019; 2(4): 9-270. [Persian]
5. Jazayeri Sa, Kazemi R, Nematpour L. "Assessment of safety and health performance based on ELMERI index in one of the steel industry in Khuzestan province, Iran". Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2019; 5(4): 8-16. [Persian]
6. Woodhouse S, Burney B, Coste K. "To err is human: improving patient safety through failure mode and effect analysis". Clinical leadership & management review: the journal of CLMA. 2004; 18(1): 32-6.
7. Ashley L, Armitage G, Neary M, et al. "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.
8. van Leeuwen JF, Nauta MJ, de Kaste D, et al. "Risk analysis by FMEA as an element of analytical validation". Journal of pharmaceutical and biomedical analysis. 2009; 50(5): 1085-7.
9. Zimmermann HF, Hentschel N. "Proposal on How To Conduct a Biopharmaceutical Process Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) as a Risk Assessment Tool". PDA journal of pharmaceutical science and technology. 2011; 65(5): 506-12.
10. Lee H, Lee H, Baik J, et al. "Failure mode and effects analysis drastically reduced potential risks in clinical trial conduct". Drug Des Devel Ther. 2017; 11: 3035-43.
11. Mascia A, Cirafici AM, Bongiovanni A, et al. "A failure mode and effect analysis (FMEA)-based approach for risk assessment of scientific processes in non-regulated research laboratories". Accreditation and Quality Assurance. 2020; 25(5): 311-21.
12. Fallah Madvari R, Fallah Madvari A, Mosafarkhani M, et al. "Risk Assessment by FMEA Method and the Impact of Deploying an Integrated Management System (IMS) Risk Priority Number (RPN)". Occupational hygiene and health promotion journal. 2018; 2(1): 32-9. [Persian]
13. Purang N, Esmacili F, Ranjbarian M. "Application of the Failure Mode and Effects Analysis for Risk



- Assessment in the Laboratories of a Research Center". *J Saf Promot Inj Prev.* 2017; 5(2): 108 - 97. [Persian]
14. Haimes Y. Risk modelling, assessment and management, 3rd ed: Wiley & Sons Inc. Publication; 2009.
15. Samani N. ISO 17025 Standard System Design and Implementation Project at National Shrimp Research Laboratories. Iran, Tehran: Iranian fisheries science research Institute; 1389. [Persian]
16. Iran Standard - ISO-IEC 17025 (General Requirements for Qualification and Testing Laboratories) - First revision. Iran, Tehran: Iranian Institute of Standards and Industrial Research; 2007. [Persian]
17. Liu HC, Liu L, N L. "Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis,a literature review". *Expert Systems with Applications.* 2013; 40: 828-38.
18. McCollin C. Working around failure. *Manufacturing Engineer.* 1999; 78(1): 37-40.
19. Halvani GH, Soltani R, Alimohammadi M, Z K. "Identification and evaluation laboratory hazards in Yazd University of Medical Sciences by standard checklists". *Occupational Medicine Quarterly Journal.* 2011; 3: 21-7]. [Persian]
20. karami j. "Health and Safety Hazard Identification and Evaluation in Sun Air Reaserch Institiute of Ferdowsi University of Mashhad Using the FMEA Approach". *Occupational hygene and health promotion journal.* 2020; 4(1): 81-93. [Persian]
21. Malakouti J, Rezazadeh Azari M, Goneh Farahani A. "Occupational exposure risk assessment of researchers to harmful chemical agents in Shahid Beheshti university of medical sciences". *EBNESINA.* 2010; 13(3): 12-6. [Persian]
22. Mirabelli M, Holt S, Cope J. "Anatomy laboratory instruction and occupational exposure to formaldehyde". *Occupational and Environmental Medicine.* 2011; 68: 375-8.
23. Mao H, Hong X, WU D, et al. "By Sino-UScomparison on the experimental safety regulation to reflect on the college chemical laboratory safety administration in our country". *Research and Exploration in Laboratory.* 2009; 6: 31-7.
24. Lu J, Ruan H, WY. L. "Inspiration of safety management experience of university affiliated hospital". *Laboratory Science.* 2009; 5: 21-6.
25. Diao J, Meng L, X. L. "Reflections on Laboratory Safety Management in Medical College". *The Science Education Article Collects.* 2012; 1: 12-7.





Identification and Evaluation of Safety Hazards in Laboratories of the National Shrimp Research Institute and the Effectiveness of Measures by FMEA Technique

Maryam MIRBAKHS^{1*}, Ghafoor NOORIAN², Fariba ESMAEILI³, Babak GHAEDNIA⁴, Parisa HOSSEIN-KHEZRI⁵, Mohammad Ali NAZARI⁶, Ehteram MOHAMMADI⁷

Abstract

Original Article



Received: 2019/11/24

Accepted: 2020/02/27

Citation:

MIRBAKHS¹ M,
NOORIAN² G,
ESMAEILI³ F,
GHAEDNIA⁴ B,
HOSSEIN-KHEZRI⁵ P,
NAZARI⁶ MA,
MOHAMMADI⁷ E.
Identification and
Evaluation of Safety
Hazards in Laboratories of
the National Shrimp
Research Institute and the
Effectiveness of Measures
by FMEA Technique.
Occupational Hygiene and
Health Promotion 2021;
5(3): 285-296.

Introduction: Safety, raising awareness, and preventing the occurrence of hazards are necessary in order to continue to improve the quality of laboratory activities, which have been recently considered by scientific, research, and industrial communities. Therefore, the present study was conducted to determine the risk factor, potential hazards, and provide practical programs in the laboratories of the Shrimp Research Institute.

Methods: Safety hazards of eight laboratories of the National Shrimp Research Institute were evaluated during the intervention study with the Failure Mode and Effects Analysis technique. To this end, in the first phase, the team of safety experts (HSE: Health and Safety Executive), by preparing and completing safety questionnaire forms, identified the current status of safety indicators and danger points of laboratories, assessed the distance with safety indicators, and managed danger points. Based on risk severity, probability of occurrence, and probability of risk detection, the risk priority number (RPN) was calculated, prioritized, and corrective measures were proposed. In the second phase, after corrective measures, the safety questionnaire was completed again and the level of risk severity, probability of occurrence, probability of detection, risk priority number, risk number, and percentage reduction of risk priority number of the studied laboratories were calculated and analyzed.

Results: Thirty-five hazard points were identified in the laboratories. The range of risk priority numbers ranged from RPN = 12 for the Plankton Laboratory to RPN = 210 for the Marine Microbiology Laboratories and Marine Pollutants. After control measures, the risk number of marine microbiology laboratory was reduced to 180 and marine pollutants to 120 ($P < 0.05$).

Conclusion: The results showed that FMEA technique is appropriate in identifying the risk points, evaluating, and classifying the risks of the Iran Shrimp Research Institute laboratories and provide control strategies to eliminate or reduce the risk rate of research environments.

Keywords: Risks, Laboratory, Safety, FMEA

¹Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

* (corresponding author: m.mirbakhsh@ifro.ir)

²Department of Natural Resources and Fisheries, College of Engineering, Islamic Azad University, Bushehr, Iran.

³Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

⁴Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

⁵Iran Shrimp Research Center- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bushehr, Iran

⁶Iran Shrimp Research Center- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bushehr, Iran

⁷Iran Shrimp Research Center- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bushehr, Iran