



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## ارزیابی ریسک مخاطرات بالقوه ایمنی کارکنان آزمایشگاه‌های سه مرکز پژوهشی علوم شیلاتی با بکارگیری روش "تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن" و تحلیل‌های آماری

نیما پورنگ<sup>۱\*</sup>، فریبا اسماعیلی<sup>۱</sup>، محمد رنجبریان<sup>۲</sup>

۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران  
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: شناسایی ریسک مخاطرات بالقوه موجود در آزمایشگاه‌ها و تلاش در راستای ایجاد شرایط ایمن برای کارکنان از جوانب مختلف حائز اهمیت است. هدف اصلی این تحقیق بررسی مخاطرات احتمالی در آزمایشگاه‌های سه مرکز ملی تابعه موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور است. روش بررسی: به منظور ارزیابی مخاطرات احتمالی در آزمایشگاه‌های مورد نظر (۱۱ آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، ۹ آزمایشگاه پژوهشکده میگوی کشور و ۲ آزمایشگاه مرکز ملی فرآوری آبزیان) و طبقه بندی آنها، از روش «تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن» (FMEA) و برخی روش‌های آماری مربوط به مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

۹۵/۱۲/۱۴

تاریخ دریافت:

۹۶/۰۳/۰۲

تاریخ ویرایش:

۹۶/۰۳/۰۷

تاریخ پذیرش:

۹۶/۰۳/۳۱

تاریخ انتشار:

**یافته‌ها:** سطح ریسک در تمامی آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان بجز آزمایشگاه بنتوز، در حد نیمه بحرانی و بحرانی قابل ارزیابی است. صرفاً در مورد آزمایشگاه آماده‌سازی نمونه، اختلاف معنی داری بین اعداد اولویت ریسک در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی مشاهده می‌گردد که البته در این مورد نیز اقدامات اصلاحی انجام شده تأثیری در کاهش سطح ریسک نداشته است. در پژوهشکده میگوی کشور اقدامات اصلاحی در اکثر آزمایشگاه‌ها در کاهش سطح ریسک موثر بوده است (به جز سه آزمایشگاه آلاینده‌ها، میکروبیولوژی و شیمی فیزیک). در مرکز ملی فرآوری سطح ریسک هر دو آزمایشگاه پس از اقدامات اصلاحی به شدت کاهش یافته است. نتیجه‌گیری: با توجه به بالا بودن سطح ریسک در بسیاری از آزمایشگاه‌های مورد بررسی، اقدامات اصلاحی مناسب پیشنهاد گردید. اما پس از ارزیابی مرحله دوم مشخص گردید که در مورد برخی آزمایشگاه‌ها (بویژه در پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان) اقدامات اصلاحی پیشنهاد شده در حد کافی انجام نشده است و از اینرو میزان ریسک کماکان در سطح بحرانی یا نیمه بحرانی قابل ارزیابی است.

**واژگان کلیدی:** ارزیابی مخاطرات، آزمایشگاه، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی، عدد اولویت ریسک، تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

[n\\_pourang@yahoo.com](mailto:n_pourang@yahoo.com)

## مقدمه

امروزه علیرغم ارتقاء نسبی سطح ایمنی در آزمایشگاه‌های 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 آزمایشگاه‌ها قوانینی را وضع نموده‌اند. با توجه به تجارب مشابه و پراکنده در کشور، شناسایی ریسک خطرات در هر یک از آزمایشگاه‌ها بسیار حائز اهمیت است. اگر چه تعریف یکسان و مورد قبول از مخاطره نزد عامه مردم وجود ندارد اما براساس ISO8402:1995/BS4778 "مخاطره عبارت است از: احتمال یا فراوانی یک خطر تعریف شده و بزرگی پیامدهای آن رخداد". سازمان جهانی دریانوردی (International Maritime Organization (IMO)) مخاطره را ترکیبی از فراوانی و شدت پیامد تعریف نموده است. به عبارات دیگر مخاطره از دو جزء احتمال رخداد و شدت پیامد تشکیل شده است. بنابراین شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک‌های ناشی از خطر، کاربرد روش‌های کنترلی جهت کاهش ریسک و پایش روش‌های اصلاحی از جمله اموری است که می‌بایست در موقع بروز خطر مورد توجه ارزیابان قرار گیرد. ریسک‌ها معمولاً در حوزه سلامتی کلیه کارکنان شاغل، اهداف ارگان مورد نظر و محیط کار وجود دارند (۱). طی دهه‌های گذشته، برای تجزیه و تحلیل علمی خطرات، روش‌هایی بسیاری گسترش یافته که هر یک از این روش‌ها دارای دیدگاه‌ها، کاربردها و کارایی‌های متفاوتی است. ارزیابی مخاطرات شامل دو مقوله کمی و کیفی است. در این خصوص می‌توان از تکنیک‌های مختلفی (نظیر Failure Mode Effects Analysis (FMEA)) استفاده نمود (۲، ۳).

با مرور مقالات علمی مختلف در زمینه کاربردهای روش FMEA، می‌توان چنین اذعان نمود که بکارگیری این روش در تحلیل وضعیت و ارتقاء کیفی دامنه گسترده‌ای از مشاغل و فعالیت‌ها امکان‌پذیر است. در این راستا مطالعات مربوط به کاربرد FMEA را می‌توان به دو گروه کلی تفکیک نمود: الف) مواردی که ریسک مخاطرات مربوط به ایمنی، بهداشت

و محیط زیست مد نظر قرار گرفته است، ب) مطالعاتی که در آنها ایجاد خطا در روش‌های اجرای آزمایشات یا فرایندها و متعاقباً ایجاد نتیجه نامناسب مورد توجه قرار گرفته است. در رابطه با گروه نخست می‌توان به پژوهش‌های انجام شده توسط Ardeshir و همکاران (۴) در مورد ارزیابی ریسک ایمنی در صنعت انبوه‌سازی ساختمان؛ Moradpour و همکاران (۵) در مورد ارزیابی ریسک جرعه زنی گردوغبار قابل اشتعال در برخی از صنایع مرتبط؛ Omidvari و همکاران (۶) در رابطه با بررسی ریسک‌های اصلی مربوط به ایمنی، بهداشت و محیط زیست در چند بیمارستان؛ Mirmohammadi و همکاران (۷) در مورد ارزیابی خطرات مربوط به ایمنی کارگران شاغل در یک کارخانه تولید تجهیزات آموزشی و در مورد گروه دوم می‌توان به پژوهش‌های انجام شده توسط David و همکار (۸) در مورد مخاطرات ناشی از اشتباهات احتمالی کارکنان آزمایشگاه یک کلینیک تخصصی در کشور رومانی؛ Mirghafoori و همکاران (۹) در مورد خطاهای بالقوه مربوط به فرایند لعاب دادن کاشی و سرامیک را در یک کارخانه؛ Attar Jannesar Nobari و همکاران (۱۰) در مورد خطاهای فرایندهای مشکل‌دار در بخش اورژانس یک مجتمع آموزشی درمانی؛ Yarmohammadian و همکاران (۱۱) در رابطه با حالت‌های بالقوه خطا و اثرات ناشی از آن در فرایندهای بخش مدارک پزشکی یک بیمارستان؛ Sedaghat و همکاران (۱۲) در مورد ارزیابی و مدیریت ریسک یک اورژانس صحرایی؛ Magnezi و همکاران (۱۳) در رابطه با اصلاح فرایند آزمایشات مربوط به اندازه‌گیری دو هورمون در یک آزمایشگاه تشخیص طبی؛ Mendes و همکاران (۱۴) در مورد اصلاح کیفیت و ایمنی فرایندها و تشخیص عوامل بالقوه شکست در یک آزمایشگاه تشخیص طبی اشاره نمود.

اخیراً با توجه به تجربیات آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون در کشورهای توسعه یافته، رهیافتی جدید نسبت به ضرورت ارزیابی ایمنی در دوره‌های زمانی مشخص با توجه به ماهیت وظایف آزمایشگاه‌ها مطرح و بر این اساس فرایند بررسی روش‌های متداول در ارزیابی ایمنی و توسعه و ارتقاء کارایی

زیست سنجی آبریان، ژنتیک مولکولی - استخراج، ژنتیک مولکولی - الکتروفورز، شیمی فیزیک و میکروبیولوژی) و ۲ آزمایشگاه مرکز ملی فرآوری آبریان (تحت عنوان: شیمی و میکروبیولوژی) اجرا گردید. به منظور ارزیابی مخاطرات آزمایشگاه‌ها، از روشی تحت عنوان "تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن" (FMEA) استفاده گردید. FMEA روشی تحلیلی است که می‌کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده‌ای که در آن ارزیابی ریسک انجام می‌شود و همچنین علل و اثرات مرتبط با آنها را شناسایی و رتبه بندی نماید. به تعبیر دیگر FMEA یک فرایند سیستماتیک جهت شناسایی نارسایی‌های بالقوه فرایندها قبل از رخداد آنهاست که امکان اولویت بندی اقداماتی را برای کاهش یا حذف اثرات مخرب به وجود می‌آورد (۱۶، ۱۷).

FMEA بطور کلی شامل دو فاز است. در فاز نخست شناسایی حالات بالقوه شکست و اثرات آنها مد نظر قرار می‌گیرد. فاز دوم شامل تجزیه و تحلیل میزان حساسیت به منظور تعیین شدت حالت شکست است که از طریق ارزیابی و رتبه بندی (RPN) سطح بحرانی هر شکست انجام می‌شود (۶). مراحل کلی انجام FMEA بطور 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 می‌گردد (۲۰-۱۸).

- **تعیین احتمال وقوع خطر (O: frequency of occurrence ranking score):** احتمال وقوع خطر مشخص می‌کند که یک علت یا مکانیزم بالقوه خطر با چه تواتری رخ می‌دهد. احتمال وقوع خطر بر مبنای رتبه بندی ۱ تا ۱۰ سنجیده می‌شود (۲۰-۱۸).

- **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

آنها در مطالعات مختلف مورد توجه محققان و ارگان‌های ذیربط قرار گرفته است (۱۵). آزمایشگاه‌های پژوهشکده‌های تابعه موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در فعالیتهای متنوع (از آماده‌سازی نمونه‌های زیستی و غیر زیستی گرفته تا آنالیز آنها توسط ابزارها و تجهیزات مختلف و یا شناسایی تاکسون‌های مختلف جانوری و گیاهی و ...) دخیل هستند. این فعالیتهای در قالب طرح‌ها و پروژه‌های مرتبط درون سازمانی و برون سازمانی انجام می‌شوند. حفظ و ایجاد شرایط ایمن در محل کار و در زمان فعالیت از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به آثار مثبت گزارش شده از اعمال مدیریت ریسک‌ها و پایش آنها بواسطه انجام ارزیابی‌های مخاطرات و دستیابی به بهبود ایمنی در زمینه‌های نرم افزاری و سخت افزاری (کارکنان و امکانات تجهیزات حفاظت فردی)، می‌توان به اهمیت بررسی مشابه در آزمایشگاه‌های مختلف با وظایف متنوع (منجمله در مراکز پژوهشی تابعه موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور: پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، پژوهشکده میگوی کشور و مرکز ملی فرآوری آبریان) برای تامین شرایط راحت کار و کاهش مشکلات بهداشت حرفه‌ای در آینده پی برد. اصولاً این تحقیق در تداوم ارتقاء کیفی فعالیت آزمایشگاه‌های مراکز پژوهشی مزبور اجرا گردید. اهداف اصلی این تحقیق عبارتند از: بررسی مخاطرات احتمالی (که ممکن است کارکنان را تهدید نمایند) در کلیه آزمایشگاه‌های مراکز مذکور و ارائه برنامه‌های عملی برای پیشگیری از وقوع مخاطرات مزبور.

## مواد و روش‌ها

### آزمایشگاه‌های مورد بررسی

این تحقیق در ۱۱ آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان (تحت عنوان: کروماتوگرافی، تجزیه دستگاهی، آماده‌سازی نمونه، پلانکتون، بافت شناسی، جانورشناسی، بتتوز، ژنتیک، میکروبیولوژی، فرآورده‌های دریایی، کشت جلبک)، ۹ آزمایشگاه پژوهشکده میگوی کشور (تحت عنوان: آسیب شناسی، آلاینده‌ها، پلانکتون شناسی، رسوب و بتتوز،

و احتمال وقوع) دارای رتبه بیشتر از ۵ است. در این شرایط اقدامات اصلاحی ضروری است.

• سطح بحرانی ( $RPN > 140$ ): که در آن حداقل دو عامل از سه عامل RPN دارای رتبه بالا هستند. در این شرایط اقدامات اصلاحی فوری کاملاً ضروری است.

در این تحقیق، به منظور سهولت بررسی و طبقه بندی مخاطرات به تفکیک آزمایشگاه‌ها، با توجه به عوامل بالقوه موثر در ایجاد خطر در آزمایشگاه‌های مراکز تحقیقاتی مورد بررسی، جداولی طراحی گردید. جدول ۱ نمونه‌ای از جداول مزبور (مربوط به یکی از آزمایشگاه‌های مورد بررسی) است. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌گردد با توجه به تجارب موجود و بررسی منابع علمی مرتبط (۱۶) تعداد ۳۵ عامل بالقوه موثر در ایجاد خطر در هر آزمایشگاه به تفکیک مورد بررسی قرار گرفت. به منظور ارزیابی مخاطرات سه ارزیاب مجرب (در زمینه ایمنی آزمایشگاه‌ها) در دو مرحله (قبل و بعد از اقدامات اصلاحی به ترتیب در شهریور ماه سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) از هر آزمایشگاه بازدید و جداول مزبور را تکمیل و متعاقباً جداول مربوط به رتبه‌بندی ریسک آزمایشگاه‌ها (بر مبنای عدد اولویت ریسک) را تکمیل نمودند. با توجه به تعداد زیاد این جداول و عدم امکان ارائه تمام آنها در این مقاله، نمونه‌ای از آنها در زیر ارائه شده است (جدول ۲).

#### تحلیل‌های آماری

به منظور مقایسه آزمایشگاه‌های دو پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان و پژوهشکده میگوی کشور از نظر عدد اولویت ریسک در دو مقطع زمانی بازدید اول (قبل از اقدامات اصلاحی) و بازدید دوم (پس از انجام اقدامات اصلاحی) از دو آزمون Kruskal-Wallis استفاده شد و با توجه به مشاهده اختلاف معنی‌دار، در هر مورد آزمون posthoc مربوطه یعنی Mann-Whitney U به منظور گروه‌بندی آزمایشگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. به منظور مقایسه مشابه در مورد ملی فرآوری آبزیان از دو آزمون Mann-Whitney استفاده گردید. از سوی دیگر به منظور مشخص نمودن تاثیر اقدامات اصلاحی انجام شده، اعداد اولویت ریسک محاسبه شده مربوط

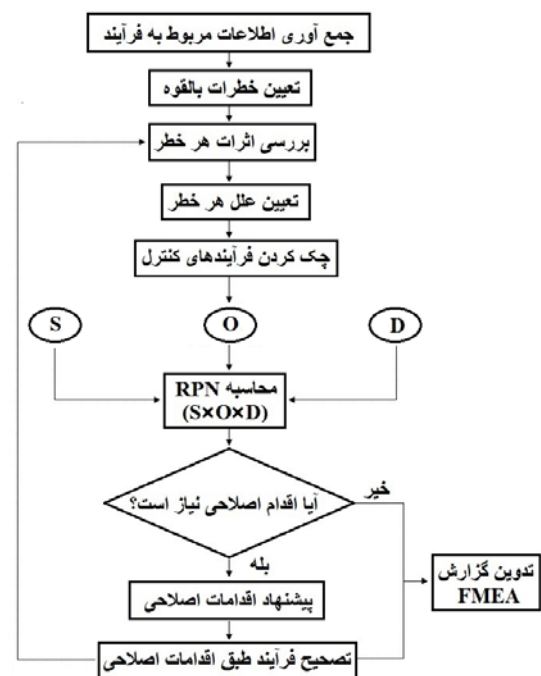
بندی احتمال کشف خطر نیز بین ۱ الی ۱۰ است (۲۰-۱۸).

- 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 ( $RPN = S \times O \times D$ ). عدد اولویت ریسک عددی بین ۱ و ۱۰۰۰ خواهد بود.

- مشخص نمودن نیاز یا عدم نیاز به اصلاح: در این مرحله ریسک را براساس عدد اولویت ریسک رتبه‌بندی می‌کنیم. با توجه به عدد اولویت ریسک، سطح ریسک به سه گروه قابل طبقه‌بندی است (۲۳-۲۱):

• سطح عادی ( $RPN < 70$ ): 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 می‌شوند) الزامی نیست.

• سطح نیمه بحرانی ( $70 < RPN < 140$ ): که در آن حداقل یک عامل از سه عامل RPN (به خصوص شدت



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

جدول ۱- نمونه‌ای از جداول تکمیل شده به منظور بررسی عوامل بالقوه موثر ایجاد خطر در آزمایشگاه‌های مورد بررسی در این تحقیق (مربوط به آزمایشگاه پلانکتون پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان - بازدید اول).

| ردیف | عوامل بالقوه موثر در ایجاد خطر                | وجود دارد | وجود ندارد | عدم سنخیت با وظایف آزمایشگاه | توضیحات                                   |
|------|---|-----------|------------|------------------------------|---|
| ۱    | هود ایمنی                                     | ✓         |            |                              | موجب آلودگی صوتی می‌شود.                  |
| ۲    | دستورالعمل حفاظت و ایمنی کارکنان              |           | ✓          |                              |   |
| ۳    | دستورالعمل نحوه سترون سازی 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   | سیستم‌های خودکار اطفاء حریق                   |           | ✓          |                              |   |
| ۱۵   | افراد آموزش دیده در زمینه حریق                |           | ✓          |                              |   |
| ۱۶   | برگه‌های (Material Safety MSDS Data Sheet)    | ✓         |            |                              | کامل نیست                                 |
| ۱۷   | پوسترهای ایمنی و علائم هشدار دهنده            |           | ✓          |                              |   |
| ۱۸   | جعبه کمک‌های اولیه                            | ✓         |            |                              | فاقد لوازم مناسب (با توجه به ماهیت کارها) |
| ۱۹   | راه‌های خروج اضطراری                          |           | ✓          |                              |   |
| ۲۰   | وسایل حفاظت فردی                              |           | ✓          |                              | نامناسب                                   |
| ۲۱   | دوش اضطراری                                   |           | ✓          |                              |   |
| ۲۲   | دستگاه چشم شوی                                |           | ✓          |                              |   |
| ۲۳   | گذراندن دوره‌های آموزش ایمنی کار در آزمایشگاه |           | ✓          |                              |   |
| ۲۴   | ثبت و گزارش حوادث مخاطره آمیز                 |           | ✓          |                              |   |
| ۲۵   | تهویه عمومی                                   |           | ✓          |                              |   |
| ۲۶   | کالیبراسیون تجهیزات مورد استفاده              | ✓         |            |                              | بطور کامل و منظم انجام نمی‌شود.           |
| ۲۷   | وضعیت مناسب ایمنی ابزارها                     |           |            | ✓                            |   |
| ۲۸   | چیدمان مناسب مواد شیمیایی در انبار            | ✓         |            |                              | تقریباً مناسب                             |
| ۲۹   | خطر سقوط اجسام                                |           | ✓          |                              |   |

اصلاحی بیشترین و کمترین عدد اولویت ریسک به ترتیب به آزمایشگاه‌های تجزیه دستگاهی و بتوز مربوط است. اما در پژوهشگاه میگوی کشور بیشترین و کمترین RPN به ترتیب به آزمایشگاه‌های آلاینده‌ها و زیست سنجی آبزیان اختصاص دارد. در مرکز ملی فرآوری آبزیان میزان RPN در آزمایشگاه میکروبیولوژی بیشتر از آزمایشگاه شیمی است.

از طرف دیگر با توجه به نمودار ۱ و نتایج مربوط به رتبه بندی ریسک آزمایشگاه‌های سه مرکز تحقیقاتی مورد نظر و همچنین معیارهای مندرج در بخش مواد و روش‌ها، سطح ریسک آزمایشگاه‌های پژوهشگاه اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان در تمامی موارد بجز آزمایشگاه بتوز، در حد نیمه بحرانی و بحرانی قابل ارزیابی است و لذا اجرای اقدامات اصلاحی موثر در راستای کاهش محسوس احتمال وقوع مخاطرات در مورد آنها الزامی به نظر می‌رسد. در پژوهشگاه میگوی کشور بیشترین مخاطرات در آزمایشگاه‌های آلاینده‌ها و میکروبیولوژی و تا حدودی نیز در آزمایشگاه شیمی فیزیک

به هر آزمایشگاه در طی بازدیدهای اول و دوم با بکارگیری آزمون Mann-Whitney مقایسه گردید. کلیه آنالیزهای مزبور با استفاده از نسخه جدید بسته نرم افزاری SPSS, 21 انجام شد.

## یافته‌ها

نتایج مربوط به عوامل بالقوه موثر ایجاد خطر در آزمایشگاه‌های مورد بررسی در جداولی مانند جدول ۱ درج گردید. نتایج مربوط به رتبه بندی ریسک آزمایشگاه‌ها پس از استخراج از جداول مزبور، به تفکیک در جداولی همانند جدول ۲ ثبت شد (همراه با آمار توصیفی مربوطه).

در نمودار ۱ تغییرات RPN در آزمایشگاه‌های سه مرکز تحقیقاتی مورد بررسی مشهود است. همانگونه که از این نمودار و همچنین سایر نتایج مرتبط (که نمونه‌ای از آنها در جدول ۳ ارائه شده) قابل استنتاج است. در پژوهشگاه اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان هر دو مرحله قبل و بعد از انجام اقدامات

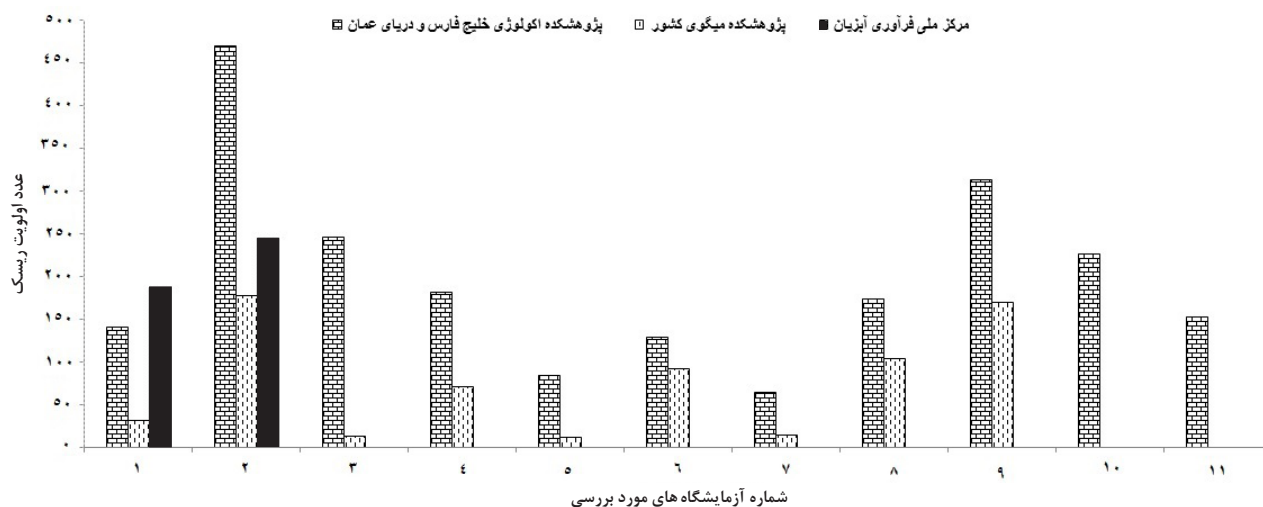
جدول ۲- رتبه بندی ریسک آزمایشگاه‌های مرکز ملی فرآوری آبزیان توسط سه ارزیاب در دو مرحله (قبل و بعد از اقدامات اصلاحی).  
O: احتمال وقوع خطر، D: احتمال کشف خطر، S: شدت اثر، RPN: عدد اولویت ریسک، Mean: میانگین، SD: انحراف معیار.

| ردیف | نام آزمایشگاه | بازدید | ارزیاب | S  | O | D | RPN | Mean   | SD    | سطح ریسک |
|------|---------------|--------|--------|----|---|---|-----|--------|-------|----------|
| ۱    | شیمی          | ۱      | ۱      | ۸  | ۵ | ۹ | ۳۶۰ | ۳۴۱/۳۳ | ۵۴/۴۵ | بحرانی   |
|      |               |        | ۲      | ۷  | ۵ | ۸ | ۲۸۰ |        |       |          |
|      |               |        | ۳      | ۸  | ۶ | ۸ | ۳۸۴ |        |       |          |
| ۲    | میکروبیولوژی  | ۲      | ۱      | ۴  | ۳ | ۳ | ۳۶  | ۳۴/۰۰  | ۳/۴۶  | عادی     |
|      |               |        | ۲      | ۳  | ۴ | ۳ | ۳۶  |        |       |          |
|      |               |        | ۱      | ۵  | ۲ | ۳ | ۳۰  |        |       |          |
| ۲    | میکروبیولوژی  | ۱      | ۱      | ۱۰ | ۹ | ۶ | ۵۴۰ | ۴۷۶/۳۳ | ۵۵/۲۵ | بحرانی   |
|      |               |        | ۲      | ۹  | ۷ | ۷ | ۴۴۱ |        |       |          |
|      |               |        | ۳      | ۸  | ۷ | ۸ | ۴۴۸ |        |       |          |
| ۲    | میکروبیولوژی  | ۲      | ۱      | ۳  | ۲ | ۲ | ۱۲  | ۱۵/۳۳  | ۳/۰۵  | عادی     |
|      |               |        | ۲      | ۳  | ۳ | ۲ | ۱۸  |        |       |          |
|      |               |        | ۳      | ۲  | ۴ | ۲ | ۱۶  |        |       |          |

پژوهشکده مورد نظر بین مقادیر RPN آزمایشگاه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (در هر دو مرحله قبل و بعد از اقدامات اصلاحی). از سوی دیگر نتایج آزمون‌های مقایسه میانگین‌ها (posthoc) حاکی از آن است که در پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، در مرحله قبل از اقدامات اصلاحی، بین آزمایشگاه‌های بنتوز و بافت شناسی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین با توجه به نتایج این آزمون آزمایشگاه‌های جانورشناسی و کروماتوگرافی در یک گروه و آزمایشگاه‌های کشت جلبک، پلانکتون و ژنتیک در گروهی دیگر قرار می‌گیرند. در مرحله قبل از اقدامات اصلاحی، بین آزمایشگاه‌های تجزیه دستگاهی، میکروبیولوژی و فرآورده‌های

مشهود است. در مرکز ملی فرآوری آبزیان اگرچه شرایط ایمنی در مرحله نخست بازدید در شرایط بحرانی بوده است اما متعاقب انجام اقدامات اصلاحی مناسب، در بازدید دوم میزان مخاطرات به شدت کاهش یافته و سطح ریسک در شرایط عادی قابل طبقه‌بندی بوده است.

با توجه به نتایج دو آزمون Kruskal-Wallis (به منظور بررسی این فرض صفر که اختلاف معنی‌داری میان آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان و همچنین پژوهشکده میگوی کشور از دیدگاه عدد اولویت ریسک (RPN) در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی وجود ندارد) می‌توان استنتاج نمود که بطور کلی در هر دو



نمودار ۱- مقایسه میانگین عدد اولویت ریسک (RPN) آزمایشگاه‌های سه مرکز پژوهشی مورد بررسی در این تحقیق توسط سه ارزیاب در دو مرحله (قبل و بعد از اقدامات اصلاحی). ترتیب شماره آزمایشگاه‌ها در پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس (به ترتیب صعودی): ۱) کروماتوگرافی، ۲) تجزیه دستگاهی، ۳) آماده سازی نمونه، ۴) پلانکتون، ۵) بافت شناسی، ۶) جانورشناسی، ۷) بنتوز، ۸) ژنتیک، ۹) میکروبیولوژی، ۱۰) فرآورده‌های دریایی و ۱۱) کشت جلبک؛ ترتیب شماره آزمایشگاه‌ها در پژوهشکده میگوی کشور (به ترتیب صعودی): ۱) آسیب شناسی، ۲) آلاینده‌ها، ۳) پلانکتون شناسی، ۴) رسوب و بنتوز، ۵) زیست‌سنجی آبزیان، ۶) ژنتیک مولکولی-استخراج، ۷) ژنتیک مولکولی-الکتروفورز، ۸) شیمی فیزیک و ۹) میکروبیولوژی. ترتیب شماره آزمایشگاه‌ها در مرکز ملی فرآوری آبزیان (به ترتیب صعودی): ۱) شیمی، ۲) میکروبیولوژی.

جدول ۳- نتایج عدد اولویت ریسک (RPN) در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی در آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان ((مقادیر میانگین (انحراف معیار)).

| H      | P-value | نسبت به زمان اقدامات اصلاحی | آزمایشگاه         |                   |                   |                   |                  |                   |                 |                   |                   |                    |                   |
|--------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|        |         |                             | کروماتوگرافی      | تجزیه دستگاهی     | آماده سازی نمونه  | پلانکتون          | بافت شناسی       | جانورشناسی        | بنتوز           | ژنتیک             | میکروبیولوژی      | فرآورده های دریایی | کشت جلبک          |
| ۲۹/۳۶۲ | ۰/۰۰۱   | قبل                         | b                 | f                 | de                | bc                | a                | b                 | a               | bc                | e                 | d                  | bc                |
|        |         |                             | ۱۵۶/۳۳<br>(۲۶/۵۰) | ۴۷۰/۰۰<br>(۷۹/۲۲) | ۲۸۲/۳۳<br>(۳۱/۵۶) | ۱۸۲/۰۰<br>(۳۳/۰۴) | ۸۵/۰۰<br>(۱۳/۲۳) | ۱۵۰/۰۰<br>(۳۰/۰۰) | ۶۹/۰۰<br>(۷/۹۴) | ۱۸۸/۳۳<br>(۱۸/۹۳) | ۳۳۷/۶۷<br>(۳۵/۰۲) | ۲۲۶/۳۳<br>(۱۷/۶۲)  | ۱۸۰/۰۰<br>(۳۶/۰۰) |
| ۳۰/۲۶۹ | ۰/۰۰۱   | بعد                         | bcd               | h                 | ef                | def               | ab               | abc               | a               | cde               | g                 | f                  | bcd               |
|        |         |                             | ۱۲۶/۰۰<br>(۳۶/۳۷) | ۴۷۰/۰۰<br>(۷۹/۲۲) | ۲۱۰/۰۰<br>(۱۴/۰۰) | ۱۸۲/۰۰<br>(۳۳/۰۴) | ۸۵/۰۰<br>(۱۳/۲۳) | ۱۰۸/۳۳<br>(۱۴/۴۳) | ۶۱/۳۳<br>(۲/۳۱) | ۱۶۰/۰۰<br>(۱۷/۳۲) | ۲۸۹/۳۳<br>(۴۱/۷۷) | ۲۲۶/۳۳<br>(۱۷/۶۲)  | ۱۲۶/۰۰<br>(۲۱/۶۳) |

آزمایشگاه‌هایی که با حروف لاتین مشابه مشخص گردیده‌اند، فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (بر مبنای آزمون Mann-Whitney,  $P \leq 0.05$ ).

ژنتیک مولکولی (استخراج) و شیمی فیزیک در گروه دوم و آزمایشگاه‌های آلاینده‌ها و میکروبیولوژی را می‌توان در گروه سوم طبقه‌بندی نمود. جزئیات نتایج فوق‌الذکر در رابطه با پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان در جدول ۳ مندرج است. با توجه به نتایج آزمون‌های Mann-Whitney مندرج در جدول ۴، بین مقادیر RPN آزمایشگاه‌های مرکز ملی فرآوری آبزیان، در هر دو مرحله قبل و بعد از اقدامات اصلاحی اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌گردد. با توجه به نتایج آزمون‌های Mann-Whitney (به منظور بررسی این فرض صفر که اختلاف معنی‌داری میان اعداد اولویت ریسک در هر یک از آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و همچنین پژوهشکده میگوی کشور در دو مقطع زمانی قبل (۱۳۹۳) و بعد از اقدامات اصلاحی (۱۳۹۴) وجود ندارد)، می‌توان چنین استنتاج نمود که در پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، صرفاً در مورد آزمایشگاه آماده‌سازی نمونه اختلاف معنی‌داری بین مقادیر RPN شرایط بعد و قبل از انجام برخی اصلاحات وجود دارد. اما در پژوهشکده میگوی کشور در مورد آزمایشگاه‌های آسیب شناسی، ژنتیک مولکولی (استخراج)، ژنتیک مولکولی (الکتروفورز) و شیمی فیزیک اختلاف بین مقادیر RPN در بعد و قبل از انجام اقدامات اصلاحی معنی‌دار است. جزئیات نتایج فوق‌الذکر در

جدول ۴- نتایج عدد اولویت ریسک (RPN) در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی در میان آزمایشگاه‌های مرکز ملی فرآوری آبزیان ((مقادیر میانگین (انحراف معیار)).

| U     | P-value | نسبت به زمان اقدامات اصلاحی | آزمایشگاه         |                   |
|-------|---------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
|       |         |                             | شیمی              | میکروبیولوژی      |
| ۰/۰۰۰ | ۰/۰۵۰   | قبل                         | ۳۴۱/۳۳<br>(۵۴/۲۵) | ۴۷۶/۳۳<br>(۵۵/۲۵) |
|       |         |                             | ۳۴/۰۰<br>(۳/۴۶)   | ۱۵/۳۳<br>(۳/۰۵)   |

دریایی با سایر آزمایشگاه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $P \leq 0.001$ ). نتایج آزمون مزبور در رابطه با پژوهشکده میگوی کشور حاکی از آن است که در مرحله قبل از اقدامات اصلاحی آزمایشگاه‌های آسیب شناسی، پلانکتون شناسی، زیست‌سنجی آبزیان و ژنتیک مولکولی (الکتروفورز) در یک گروه؛ آزمایشگاه‌های ژنتیک مولکولی (استخراج) و شیمی فیزیک در گروه دوم؛ آزمایشگاه‌های آلاینده‌ها و میکروبیولوژی در گروه سوم قرار می‌گیرند و آزمایشگاه رسوب و بنتوز در هیچیک از گروه‌های مذکور قابل طبقه‌بندی نیست. در مرحله بعد از اقدامات اصلاحی نیز آزمایشگاه‌های آسیب شناسی، پلانکتون شناسی، زیست‌سنجی آبزیان و ژنتیک مولکولی (الکتروفورز) در یک گروه؛ آزمایشگاه‌های رسوب و بنتوز،



جدول ۵- نتایج ۱۱ آزمون Mann-Whitney به منظور بررسی اختلاف معنی‌دار میان مقادیر RPN در هر یک آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس در دو مقطع زمانی قبل (۱۳۹۳) و بعد از اصلاحات (۱۳۹۴) ( $P \leq 0/05$ ).

|         | آزمایشگاه    |               |                  |          |            |            |       |       |              |                    |          |
|---------|--------------|---------------|------------------|----------|------------|------------|-------|-------|--------------|--------------------|----------|
|         | کروماتوگرافی | تجزیه دستگاهی | آماده سازی نمونه | پلانکتون | بافت شناسی | جانورشناسی | ببتوز | ژنتیک | میکروبیولوژی | فرآورده های دریایی | کشت جلبک |
| U       | ۱/۵۰۰        | ۴/۵۰۰         | ۰/۰۰۰            | ۴/۵۰۰    | ۴/۵۰۰      | ۱/۰۰۰      | ۲/۰۰۰ | ۱/۵۰۰ | ۲/۰۰۰        | ۴/۵۰۰              | ۱/۰۰۰    |
| P-value | ۰/۱۷۸        | ۱/۰۰۰         | ۰/۰۵۰            | ۱/۰۰۰    | ۱/۰۰۰      | ۰/۱۲۱      | ۰/۲۴۶ | ۰/۱۷۸ | ۰/۲۷۵        | ۱/۰۰۰              | ۰/۱۲۷    |

اصلاحی) که از این میان بطور کلی موارد ذیل اهمیت بیشتری دارند:

- تهویه عمومی: اصولاً تهویه محل کار در هر حالت باید طوری باشد که کارکنان آزمایشگاه همیشه هوای سالم تنفس نمایند و همواره آلاینده‌های شیمیایی به طور مؤثر به خارج از محیط هدایت شوند. آزمایشگاه و انبار باید مجهز به تجهیزات تهویه عمومی و در صورت لزوم تهویه موضعی ضد جرقه باشد. یک سیستم تهویه آزمایشگاهی از نظر SEFA (The Scientific Equipment and Furniture Association) شامل سیستم دمش هوا، سیستم مکش هوا (مکش هوای اتاق و هود آزمایشگاهی)، هود آزمایشگاهی و سایر وسایل تهویه موضعی است (۱۶، ۲۵). با توجه به اهمیت انجام اقدامات اصلاحی در این خصوص، در میان آزمایشگاه‌های بررسی شده در سه پژوهشکده مورد نظر، پیشنهاد تهیه و استقرار هودهای مناسب در آزمایشگاه‌های ژنتیک، فرآورده‌های دریایی، تجزیه دستگاهی و پلانکتون پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان و آزمایشگاه‌های رسوب و بنتوز، ژنتیک مولکولی- استخراج و میکروبیولوژی پژوهشکده میگوی کشور ارائه گردید.

- 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 آتش‌سوزی‌های احتمالی در نظر گرفته شود تا هنگام آتش‌سوزی

جدول ۶- نتایج ۲ آزمون Mann-Whitney به منظور بررسی اختلاف معنی‌داری میان مقادیر RPN در آزمایشگاه‌های مرکز ملی فرآوری آبزیان در دو مقطع زمانی قبل (۱۳۹۳) و بعد از اصلاحات (۱۳۹۴) ( $P \leq 0/05$ ).

|         | آزمایشگاه |              |
|---------|-----------|--------------|
|         | شیمی      | میکروبیولوژی |
| U       | ۰/۰۰۰     | ۰/۰۰۰        |
| P-value | ۰/۰۴۶     | ۰/۰۵۰        |

رابطه با پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان در جدول ۵ مندرج است. از سوی دیگر در رابطه با مرکز ملی فرآوری آبزیان در مورد هر دو آزمایشگاه اختلاف معنی‌داری بین مقادیر RPN در بعد و قبل از انجام اقدامات اصلاحی مشاهده می‌گردد (جدول ۶).

## بحث

### مخاطرات مهم موجود در آزمایشگاه‌ها

با توجه به نتایج حاصله از بررسی مخاطرات آزمایشگاه‌های سه مرکز تحقیقاتی مورد نظر (موارد مندرج در جدول ۱ و سایر نتایج مربوطه که به دلیل حجم بالا در این مقاله درج نگردیده است)، می‌توان استنتاج نمود که به برخی عوامل بالقوه مؤثر ایجاد خطر توجه کافی نشده است (بویژه قبل از انجام اقدامات

بتوان از این تجهیزات استفاده کرد. تمام افراد آزمایشگاه باید در زمینه مقابله با آتش‌سوزی آموزش داده شوند. این آموزش باید شامل آگاهی از خطر، روش‌های ویژه برای نگهداری و ذخیره‌سازی مایعات آتش‌گیر و شرح مختصری درباره سیستم زنگ خطر و برنامه‌ریزی تخلیه اضطراری باشد. علاوه بر این، باید نحوه بکارگیری کپسول‌های آتش‌نشانی نیز در آموزش مد نظر قرار گیرد. انتخاب نوع کپسول آتش‌نشانی جهت اطفاء باید براساس نوع آتش‌سوزی صورت گیرد (۱۶، ۲۶). با توجه به عدم وجود دتکتورها و سیستم‌های خودکار اطفاء حریق در پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، پیشنهادات مناسب در رابطه با اولویت بالای استقرار تجهیزات مزبور در کلیه آزمایشگاه‌های این پژوهشکده ارائه گردید.

• **راه‌های خروج اضطراری:** آزمایشگاه باید مجهز به تعداد کافی راهروهای نجات و خروجی باشد. در کنار راهروهای نجات (خروجی‌های اضطراری) ممکن است اتاق‌هایی 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 خروجی‌های اضطراری مشخص شده باشد، الزامی است (۲۷، ۲۸). با توجه به عدم پیش‌بینی راه‌های خروجی اضطراری در هیچیک از آزمایشگاه‌های مورد بررسی در این تحقیق، توصیه‌های جدی در این خصوص ارائه گردید.

• **تفکیک پسماندها:** در آزمایشگاه‌ها با توجه به ماهیت کار آنها انواع پسماندهای عادی، عفونی، شیمیایی، تیز و برنده و ... وجود دارد. به منظور حفظ سلامت پرسنل آزمایشگاه (و همچنین محیط زیست دریافت‌کننده پسماندها) مدیریت صحیح و علمی آنها الزامی است. یک برنامه مدیریت صحیح پسماندهای آزمایشگاهی شامل مراحل تفکیک (جداسازی)، آلودگی زدایی، ذخیره (انباشت)، حمل و نقل و دفع است. قبل از دفع، لازم است با بکارگیری شیوه‌های مختلف، مواد شیمیایی فعال و خطرناک را بی‌اثر کرد. نمونه‌های بیولوژیک و ظروف پلاستیکی آلوده را در می‌توان در اتوکلاو استریل نمود و پس از این امر، تمام نمونه‌ها و ظروف را در چرخه عمومی زباله

قرار داد (۲۹). با عنایت به عدم پیش‌بینی دستورالعمل‌های تفکیک پسماند در اکثر آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان و همچنین پژوهشکده میگوی کشور، پیشنهادات مناسب در رابطه ضرورت تدوین و اجرای دستورالعمل‌های مربوطه ارائه گردید.

• **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 تامین کنند و با توجه به نوع کار در تمام مدتی که لازم است از این وسایل استفاده شود، فرد را حفاظت نمایند (۲۹، ۳۰). با توجه به عدم پیش‌بینی تدارک و استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب در برخی آزمایشگاه‌های سه مرکز پژوهشی مورد بررسی در این تحقیق (مشتمل بر آزمایشگاه‌های بافت‌شناسی، جانورشناسی، بتتوز و فرآورده‌های دریایی پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان؛ آزمایشگاه‌های پلانکتون‌شناسی، رسوب و بتتوز، زیست‌سنجی و شیمی - فیزیک پژوهشکده میگوی کشور و آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی و شیمی مرکز ملی فرآوری آبزیان)، پس از بازدید نخست ارزیابان، پیشنهادات تخصصی در رابطه با اهمیت خریداری و استفاده از تجهیزات مزبور به تفکیک کاربرد در آزمایشگاه‌های تخصصی مختلف ارائه گردید.

• **دوش اضطراری و چشم شوی:** طراحی دوش‌ها باید طوری باشد که بتوان تمام نقاط بدن را با مقدار زیادی آب شستشو داد. حداقل ۳۰ L برای شستن تمامی نقاط بدن لازم است. علاوه بر این آزمایشگاه‌ها باید مجهز به سکوهایی باشند که متصل به منابع آب آشامیدنی باشند و ممکن است نزدیک دوش‌ها یا ظرفشویی آزمایشگاه باشند و باید طوری تعبیه شوند که بتوان هر دو چشم را فوری با مقدار آب زیاد و کافی شستشو داد (۲۷، ۲۸). متعاقب بازدید اولیه از آزمایشگاه‌های سه مرکز پژوهشی تحت بررسی، مشخص گردید که به نصب دوش اضطراری و چشم شوی توجه کافی نشده است و تجهیزات مزبور صرفاً در آزمایشگاه فرآورده‌های دریایی پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان و

میگویی کشور و هر دو آزمایشگاه مورد بررسی در مرکز ملی فرآوری آبزیان اشاره نمود. لذا متعاقبا توصیه‌های مناسب به منظور انجام اقدامات اصلاحی، به تفکیک آزمایشگاه‌ها ارائه گردید.

### ضرورت انجام اقدامات اصلاحی

از دیدگاه تفاوت در هزینه مورد نیاز برای انجام اقدامات اصلاحی در آزمایشگاه‌های مورد بررسی، می‌توان آنها را در قالب سه گروه کلی زیر تبیین نمود:

الف) اقدامات اصلاحی پر هزینه: این اقدامات را می‌توان به دو گروه طبقه بندی نمود: الف-۱) اقداماتی که انجام آنها مستلزم تغییراتی در ساختار آزمایشگاه‌ها است (مانند احداث راه‌های خروج اضطراری) الف-۲) اقداماتی که در اجرای آنها نصب برخی ابزار یا تجهیزات گران قیمت ضروری است (مانند نصب سیستم‌های خودکار تشخیص و اطفاء حریق در تمامی آزمایشگاه‌ها).

ب) اقدامات اصلاحی قابل اجرا با هزینه کم و متوسط: در این خصوص می‌توان به اقداماتی نظیر نصب سیستم‌های تهویه عمومی، چشم شوی، دوش اضطراری و ... اشاره نمود.

ج) اقدامات اصلاحی بسیار کم هزینه یا بدون هزینه: در این رابطه می‌توان اقداماتی مانند تغییر در چیدمان تجهیزات و مواد شیمیایی، نصب پوستریهای ایمنی و علائم هشدار دهنده و برگزاری دوره‌های آموزشی مرتبط (ترجیحا توسط کارشناسان مجرب و مرتبط مشغول به کار درون مجموعه) را ذکر نمود. شایان ذکر است، پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که آموزش‌های ایمنی یکی از ابزارهای مؤثر در پیشگیری از بیماری‌ها و حوادث شغلی است (۳۳).

با بررسی مقالات علمی متعدد در زمینه کاربردهای روش FMEA (که در بخش مقدمه به برخی از آنها اشاره شده است) مشخص می‌شود که تنها در موارد معدودی ایمنی کارکنان آزمایشگاه‌های مراکز آموزشی یا پژوهشی مد نظر قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان تحقیق انجام شده توسط Omidvari و همکار (۳۴) را ذکر نمود که البته در

همچنین در محوطه بیرونی آزمایشگاه‌های پژوهشکده میگوی کشور نصب شده‌اند.

• **پوستریهای ایمنی و علائم هشدار دهنده:** علائم ایمنی از کم هزینه‌ترین و ساده‌ترین روش‌های کنترل و پیشگیری از خطرات هستند. اصولا با نصب علائم ایمنی در مکان‌های مناسب در محیط آزمایشگاه‌ها، می‌توان روند معرفی خطرات به کارکنان را تسریع بخشید. علائم ایمنی به عملکرد مناسب در برابر خطرات کمک می‌کند. استانداردهای متعددی جهت تولید علائم ایمنی در دنیا وجود دارد که هر کدام از آنها، مزایا و معایب خاص خود را دارند (۲۹، ۳۱) با توجه به عدم بکارگیری مناسب علائم هشدار دهنده و پوستریهای ایمنی در اکثر آزمایشگاه‌های مورد بررسی، پیشنهاداتی در این خصوص به تفکیک آزمایشگاه‌ها به مسئولین ذیربط ارائه گردید.

• **وضعیت مناسب انبارها و 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 روش‌های حفاظتی مربوطه آموزش‌های کافی دیده باشند. در مورد ساختمان و چیدمان در انبارهای آزمایشگاه‌ها توجه به نکات متعددی ضروری است به عنوان مثال: ساختمان و طبقات نگهدارنده در انبارهای مواد شیمیایی باید از مصالح نسوز و مقاوم ساخته شوند و انبار جداگانه‌ای به مواد شیمیایی قابل اشتعال و انفجار اختصاص یابد. آزمایشگاه و انبار باید مجهز به تجهیزات تهویه عمومی و در صورت لزوم تهویه موضعی ضد جرقه باشد. کف انبار باید صاف و بالاتر از سطح زمین اطراف آن بوده و لغزنده نباشد. برای پیشگیری از برخی حوادث باید مواد را با توجه به درجه اشتعال‌پذیری، واکنش‌پذیری و برخی خصوصیات فیزیکی مربوط به آن، در دمای مناسبی نگهداری و مصرف نمود (۲۹، ۳۲). پس بازدید اولیه از کلیه آزمایشگاه‌های مورد بررسی مشخص گردید که وضعیت ایمنی و چیدمان مواد شیمیایی در برخی از آنها مناسب نیست که بویژه می‌توان به آزمایشگاه‌های آسیب شناسی، ژنتیک مولکولی - استخراج، ژنتیک مولکولی - الکتروفورز و شیمی - فیزیک در پژوهشکده

این تحقیق نیز صرفاً مخاطرات مربوط به آتش سوزی و نشت مواد شیمیایی در آزمایشگاه‌ها بررسی شده است و متعاقباً همانند تحقیق کنونی، ضرورت انجام اقدامات اصلاحی در زمینه نصب سیستم‌های خودکار تشخیص و اطفاء حریق، ایجاد راه‌های خروج اضطراری و همچنین توجه ویژه به آموزش اصول ایمنی به کارکنان توصیه شده است.

### نتیجه گیری

سطح ریسک در تمامی آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان بجز آزمایشگاه بنتوز، در حد نیمه بحرانی و بحرانی قابل ارزیابی است. صرفاً در مورد آزمایشگاه آماده سازی نمونه، اختلاف معنی داری بین مقادیر RPN در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی مشاهده می‌گردد ( $P > 0/05$ ) که البته در این مورد نیز اقدامات اصلاحی انجام شده تأثیری در کاهش سطح ریسک نداشته است. در پژوهشکده میگوی کشور اقدامات اصلاحی در اکثر آزمایشگاه‌ها در کاهش سطح ریسک موثر بوده است (به جز سه آزمایشگاه آلاینده‌ها، میکروبیولوژی و شیمی فیزیک). در مرکز ملی فرآوری سطح ریسک هر دو آزمایشگاه پس از اقدامات اصلاحی به شدت کاهش یافته است. بطور کلی برخی از عوامل موثر در ایجاد مخاطرات ساختاری بوده و نیاز به تامین منابع مالی کلان دارد در حال حاضر امکان رفع نارسایی‌ها وجود ندارد ولی

می‌توان با بالا بردن سطح آموزش‌ها، ریسک خطر را کاهش و به حد قابل قبول رساند. در مجموع می‌توان چنین استنتاج نمود که FMEA روشی مناسب برای ارزیابی مخاطرات مربوط به ایمنی کارکنان آزمایشگاه‌های تحقیقاتی است و در صورت در نظر گرفتن تکرار آماری مناسب (حداقل سه ارزیاب متخصص و مجرب) از روش‌های آماری مناسب نیز می‌توان برای تحلیل‌های تکمیلی استفاده نمود. نکته مزبور از جمله مزایای این تحقیق نسبت به اکثر تحقیقات مشابه منتشر شده در منابع علمی معتبر است. پیشنهاد می‌گردد که در پژوهش‌های آتی علاوه بر بررسی مخاطرات بالقوه مربوط به ایمنی پرسنل آزمایشگاه‌ها، مباحث زیست محیطی و بهداشتی در آزمایشگاه‌ها نیز مورد توجه قرار گیرند.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل از طرح تحقیقاتی تحت عنوان "ارزیابی مخاطرات آزمایشگاه‌های پژوهشکده‌های تابعه موسسه تحقیقات علوم شیلاتی" مصوب موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور با کد ۹۱۶۰-۱۲-۱۲-۰۱ است که در طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ اجرا شده است. نگارندگان این مقاله مرتب قدردانی خود را از پرسنل آزمایشگاه‌های سه مرکز تحقیقاتی مورد بررسی در این تحقیق ابراز می‌دارند.

### منابع

1. IACS. A guide to risk assessment in ship operations. London: International Association of Classification Societies; 2012 Jun. Report No.: 127.
2. 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*. 2014;2(2):113-23 (in Persian).
3. 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*. 2015;3(3):169-74 (in Persian).
4. 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*. 2013;10(6):78-91 (in Persian).
5. 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*. 2016;3(2):27-32 (in Persian).
6. 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*. 2015;24(1):43-54 (in Persian).
7. Mirmohammadi T, Naseri Pouya Z, Hosseinalipour Z. Risk factors assessment in educational equipment manufacturers company using FMEA. *Journal of Health Research in Community*. 2016;2(2):9-18 (in Persian).
8. David RE, Dobreanu M. Failure modes and effects analysis (FMEA) - An assessment tool for risk management in clinical laboratories. *Acta Medica Transilvanica*. 2015;20(4):130-34.
9. Mirghafoori SH, Asadian Ardakani F, Azizi F. Developing a method for risk analysis in tile and ceramic industry using failure mode and effects analysis by data envelopment analysis. *Iranian Journal of*

- Management Studies (IJMS). 2014;7(2):343-63.
10. Attar Jannesar Nobari F, Tofighi Sh, Hafezimooghadam P, Maleki MR, Goharinezhad S. Risk assessment of processes of Rasoule Akram Emergency Department by the failure mode and effects analysis (FMEA) methodology. *Hakim Research Journal*. 2010;13(3):165-76 (in Persian).
  11. Yarmohammadian MH, Tofighi S, Saghaiannejad Esfahani S, Naseribooriabadi T. Risks involved in medical records processes of Al-Zahra Hospital. *Health Information Management*. 2007;4(1):51-59 (in Persian).
  12. Sedaghat A, Ghanjal A, Delavari A, Tavakoli R. Risk assessment on a military mobile emergency by using FMEA. *Journal of Military Medicine*. 2008;10(3):167-74 (in Persian).
  13. Magnezi R, Hemi A, Hemi R. Using the failure mode and effects analysis model to improve parathyroid hormone and adrenocorticotrophic hormone testing. *Risk Management and Healthcare Policy*. 2016;9:271-74.
  14. Mendes ME, Ebner PdAR, Romano P, Pacheco Neto M, Santanna A, Sumita NM. Practical aspects of the use of FMEA tool in clinical laboratory risk management. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*. 2013;49(3):174-81.
  15. Barendsa DM, Oldenhofa MT, Vredembregta MJ, Nauta MJ. Risk analysis of analytical validations by probabilistic modification of FMEA. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2012;64(65):82-86.
  16. Pourang N, Baniamam M. A Guideline on hazards, Health and Safety in the Research and Laboratory Works, Vol 1: Types of Hazards and Ergonomics in the Laboratory. Tehran: Iranian Fisheries Science Research Institute; 2011 (in Persian).
  17. Sharma RK, Kumar D, Kumar P. Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modelling. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 2005;22(9):986-1004.
  18. 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*. 2009;36:1195-207.
  19. 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*. 2013;2(6):9-17.
  20. 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*. 2013;3:173-78.
  21. 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)*. 2013;2(2):218-25.
  22. Ebrahemzadiah 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*. 2014;4:127-35.
  23. 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*. 2015;2(2):257-63.
  24. Jozi SA, Jafarzadeh Haghghi Fard N, Afzali Behbahani N. Hazard identification and risk assessment of high voltage power lines in residential areas using failure modes and effects analysis (FMEA). *Iranian Journal of Health and Environment*. 2014;7(1):55-64 (in Persian).
  25. WHO. Laboratory Biosafety Manual. 3rd ed. Geneva: World Health Organization; 2004.
  26. NFPA. Standard on fire protection for laboratories using chemicals. USA: National Fire Protection Association (NFPA); 2015 [cited 2016 Jul 17]. Available from: <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=45>.
  27. Furr AK. CRC Handbook of Laboratory Safety. 5th ed. New York: CRC Press; 2000.
  28. Alizadeh Azimi A, Tajrishi B, Kargar Razi M. A Guideline for Safety and Protection at Work with Chemicals. Tehran: Kavosh Ghalam Publication; 2007 (in Persian).

29. Pourang N, Baniamam M, Motallebi A. A Guide-line on Hazards, Health and Safety in the Research and Laboratory Works, Vol 2: Types of Hazards of Equipment and Sampling Laboratory. Tehran: Iranian Fisheries Science Research Institute; 2013 (in Persian).
30. Delkhosh MB. Safety at Work with Chemicals. Tehran: Shahd Publication; 2005 (in Persian).
31. 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*. 2013;2(1-2):37-43.
32. ACGIH. Introduction to industrial hygiene. USA: American Conference of Governmental Industrial Hygiene; 2008 [cited 2016 Jul 9]. Available from <http://www.hpcnet.org/sdsmt/directory/personnel/ckerk>.
33. 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*. 2015;3(1):49-56 (in Persian).
34. Omidvari M, Mansouri N. Fire and spillage risk assessment pattern in scientific laboratories. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2015;6(2):68-74.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Assessment of potential safety hazards of three fisheries research centers laboratories staff by Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) and the relevant statistical methods

N Pourang<sup>1,\*</sup>, F Esmaili<sup>1</sup>, M Ranjbarian<sup>2</sup>

1- Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

2- School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 4 March 2017

**Revised:** 23 May 2017

**Accepted:** 28 May 2017

**Published:** 21 June 2017

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Identification of potential risks in laboratories and trying to create safe conditions for the staff is very important from different aspects. The main objective of this study was to evaluate the potential risks in the laboratories of three research centers affiliated to Iranian Fisheries Science Research Institute.

**Materials and Methods:** In order to assess and classify risks associated with working in the laboratories (11 laboratories of the Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, 9 laboratories of National Shrimp Research Center and 2 laboratories of National Aquatic Organisms Processing Center), the method of "Failure Mode Effects Analysis" (FMEA) as well as statistical methods (concerning compare means) were used.

**Results:** The risk levels in all the laboratories of the Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, except for benthos laboratory, could be evaluated as moderate or high. Only in the case of the sample preparation laboratory, significant differences between the values of RPN before and after corrective action was observed. However, in this case the corrective actions have not been effective in decreasing the risk level. In most laboratories of National Shrimp Research Center, the corrective actions were effective in reducing the risk levels (with the exception of three laboratories). In both laboratories of National Aquatic Organisms Processing Center, after the corrective actions, the risk levels were sharply reduced.

**Conclusion:** Considering the high level of risk in many evaluated laboratories, appropriate corrective actions were proposed. But after the second-stage evaluation, it was realized that the proposed corrective measures in some laboratories (especially in the Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center) were not performed sufficiently and hence the risk still was remained at critical or semi-critical level.

**Key words:** Risk assessment, Laboratory, Iranian fisheries science research institute, Risk priority number, Failure mode effects analysis

\*Corresponding Author:

[n\\_pourang@yahoo.com](mailto:n_pourang@yahoo.com)