Archive of SID

Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.5, No.2, Summer 2017

Research Article

Application of the Failure Mode and Effects Analysis for Risk Assessment in the Laboratories of a Research Center

Pourang N[1*], Esmaeili F[1], Ranjbarian M[2]

Abstract

Background & objective: Every year, we witness hazardous and even fatal accidents in laboratories. Therefore, identification of the risks in laboratories and creating safe conditions are of paramount importance in these settings. The present study aimed to evaluate the potential risks in the laboratories of the Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center.

Materials and Methods: In order to assess and classify the risks associated with working in research centers, the failure mode and effects analysis (FMEA) and relevant statistical tests were used.

Results: Potential risk levels were evaluated as moderate or high in all the laboratories, with the exception of the benthic laboratory. Therefore, appropriate corrective measures must be taken in this regard. Based on the results of the Kruskal-Wallis test, there were significant differences between the studied laboratories in terms of the risk priority number (RPN) before and after the corrective measures. In addition, post-hoc tests indicated the lowest risk levels in the benthic and histology laboratories, while the highest risk was identified in the instrumental analysis laboratory. Results of laboratory classification using cluster analysis were noticeably similar to the post-hoc test results. According to Mann-Whitney U test, there were significant differences between the RPN values before and after the corrective measures only in the case of the sample preparation laboratory ($P>0.05$).

Conclusion: It could be concluded that FMEA is an effective method for risk assessment in research laboratories, while appropriate statistical approaches could also be used for the complementary analysis in this regard.

Keywords: Risk assessment; Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center; Risk Priority Number; Failure Mode and Effects Analysis

How to cite this article:
Pourang N, Esmaeili 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):97-108.

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.
*** Corresponding Author:** n_pourang@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله پژوهشی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره۵. شماره ۲. تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۹۷ تا ۱۰۸

به‌کارگیری روش تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست در ارزیابی مخاطرات آزمایشگاه‌های یک پژوهشکده

نیما پورنگ[۱*]، فریبا اسماعیلی[۱]، محمد رنجبریان[۲]

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

چکیده

سابقه و هدف: همه‌ساله شاهد موارد متعددی از حوادث خطرآفرین و حتی مرگ‌آور در آزمایشگاه‌های مختلف می‌باشیم لذا شناسایی ریسک خطرات در آزمایشگاه‌ها و تلاش در راستای ایجاد شرایط ایمن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق بررسی مخاطرات احتمالی در آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان می‌باشد.

روش بررسی: به‌منظور ارزیابی مخاطرات احتمالی در ۱۱ آزمایشگاه پژوهشکده و طبقه‌بندی آن‌ها، از روش «تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست و آثار آن»[۱](FMEA) و برخی روش‌های آماری استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از بررسی مخاطرات بالقوه حاکی از آن است که سطح ریسک در تمامی آزمایشگاه‌ها به‌جز آزمایشگاه بنتوز، در حد نیمه بحرانی و بحرانی قابل ارزیابی می‌باشد و لذا اجرای اقدامات اصلاحی مناسب در مورد آن‌ها الزامی می‌باشد. بر اساس نتایج آزمون‌های Kruskal-Wallis، اختلاف معنی‌داری میان آزمایشگاه‌های پژوهشکده از دیدگاه عدد الویت ریسک (RPN)[۲] مشاهده می‌شود. مراجعه به نتایج آزمون‌های posthoc در هر دو مرحله، نشانگر آن است که کمترین میزان مخاطرات در آزمایشگاه‌های بنتوز و بافت‌شناسی مشاهده می‌شود و بیشترین مخاطرات در آزمایشگاه تجزیه دستگاهی قابل‌تشخیص است. از سوی دیگر نتایج مربوط به گروه‌بندی آزمایشگاه‌ها با استفاده از آنالیز خوشه‌ای نیز تا حدود زیادی به نتایج آزمون‌های posthoc شباهت دارد. با توجه به نتایج آزمون Mann-Whitney U می‌توان چنین استنتاج نمود که صرفاً در مورد آزمایشگاه آماده‌سازی نمونه، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر RPN در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی مشاهده می‌گردد ($p>0.05$).

نتیجه‌گیری: درمجموع می‌توان چنین استنتاج نمود که FMEA روشی مناسب برای ارزیابی مخاطرات کارکنان آزمایشگاه‌های تحقیقاتی می‌باشد و از روش‌های آماری مناسب نیز می‌توان برای تحلیل‌های تکمیلی استفاده نمود.

واژگان کلیدی: ارزیابی مخاطرات، آزمایشگاه، پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، عدد الویت ریسک، تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست و آثار آن

مقدمه

همه‌ساله شاهد موارد متعددی از حوادث خطرآفرین و حتی مرگ‌آور در آزمایشگاه‌های مختلف می‌باشیم. در حال حاضر در بسیاری از کشورها قوانینی در رابطه با مباحث مرتبط با ایمنی آزمایشگاه‌ها وضع‌شده است. با توجه به تجارب مشابه در کشور، شناسایی ریسک خطرات در آزمایشگاه‌های مختلف بسیار حائز اهمیت می‌باشد. سازمان جهانی دریانوردی (IMO)[۳] مخاطره را ترکیبی از فراوانی و شدت پیامد تعریف نموده است. به عبارات دیگر مخاطره از دو جزء احتمال رخداد و شدت پیامد تشکیل‌شده است؛ بنابراین شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک‌های ناشی از خطر، کاربرد روش‌های کنترلی جهت کاهش ریسک و پایش روش‌های اصلاحی ازجمله اموری است که می‌بایست در موقع بروز خطر موردتوجه ارزیابان قرار گیرد. ریسک‌ها معمولاً در حوزه سلامتی کلیه کارکنان شاغل، اهداف ارگان موردنظر و محیط کار وجود دارند (۱).

طی دهه‌های گذشته، برای تجزیه‌وتحلیل علمی خطرات، روش‌های بسیاری گسترش‌یافته که هر یک از این روش‌ها دارای دیدگاه‌ها، کاربردها و کارایی‌های متفاوتی می‌باشد. ارزیابی مخاطرات شامل دو

* آدرس مسئول مکاتبات: n_pourang@yahoo.com

۱. Failure Mode and Effects Analysis
۲. Risk priority number
۳. International Maritime Organization

www.SID.ir

Archive of SID

مقوله کمی و کیفی است. در این خصوص می‌توان از تکنیک‌های مختلفی نظیر (FMEA) استفاده نمود (۲و۳). اخیراً با توجه به تجربیات آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون در کشورهای توسعه‌یافته، رهیافتی جدید نسبت به‌ضرورت 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 آن‌ها در مطالعات مختلف موردتوجه پژوهشگران و سازمان‌های ذی‌ربط قرارگرفته است (۴).

آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان در فعالیت‌هایی متنوع (از آماده‌سازی نمونه‌های زیستی و غیر زیستی گرفته تا آنالیز آن‌ها توسط ابزارها و تجهیزات مختلف و همچنین شناسایی انواع آبزیان میکروسکوپی و ماکروسکوپی) دخیل می‌باشند. این فعالیت‌ها در قالب طرح‌ها و پروژه‌های مرتبط درون‌سازمانی و برون‌سازمانی می‌باشند.

ایجاد شرایط ایمن در محل کار و در زمان فعالیت از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. با توجه به آثار مثبت گزارش‌شده از اعمال مدیریت ریسک‌ها و پایش آن‌ها به‌واسطه انجام ارزیابی‌های مخاطرات و دستیابی به بهبود ایمنی در زمینه‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری (کارکنان و امکانات تجهیزات حفاظت فردی)، می‌توان به اهمیت بررسی مشابه در آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان پی برد.

اصولاً این تحقیق در تداوم ارتقاء کیفی فعالیت آزمایشگاه‌های پژوهشکده مزبور و برای نخستین بار در راستای مباحث ایمنی آزمایشگاه‌ها اجرا گردید. اهداف اصلی این تحقیق عبارت‌اند از: بررسی مخاطرات احتمالی در کلیه آزمایشگاه‌های پژوهشکده و ارائه برنامه‌های عملی برای پیشگیری از وقوع مخاطرات مزبور.

مواد و روش‌ها

آزمایشگاه‌های موردبررسی

در اجرای این پژوهش کلیه اصول اخلاق پژوهشی مدنظر قرار گرفت و در هیچ‌یک از مراحل تباینی با اصول و کدهای مربوطه مشاهده نگردید. این پژوهش در ۱۱ آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان (تحت عناوین: کروماتوگرافی، تجزیه دستگاهی، آماده‌سازی نمونه، پلانکتون، بافت‌شناسی، جانورشناسی، بنتوز، ژنتیک، میکروبیولوژی، فرآورده‌های دریایی، کشت جلبک) اجرا گردید. به‌منظور ارزیابی مخاطرات آزمایشگاه‌ها، از روشی تحت عنوان «تجزیه‌وتحلیل 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 رتبه‌بندی نماید. به تعبیر دیگر FMEA یک فرآیند سیستماتیک جهت شناسایی نارسایی‌های بالقوه فرآیندها قبل از رخداد آن‌هاست که امکان اولویت‌بندی اقداماتی را برای کاهش یا حذف اثرات مخرب به وجود می‌آورد (۵).

مراحل انجام کار

FMEA به‌طورکلی شامل دو مرحله است. در مرحله نخست شناسایی حالات بالقوه شکست و اثرات آن‌ها مدنظر قرار می‌گیرد. مرحله دوم شامل تجزیه‌وتحلیل میزان حساسیت به‌منظور تعیین شدت حالت شکست می‌باشد که از طریق ارزیابی و رتبه‌بندی (RPN) سطح بحرانی هر شکست انجام می‌شود (۶). از بین مراحل انجام FMEA ذیلاً به چند مورد که ارائه توضیحاتی در مورد آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد اکتفا می‌شود.

تعیین شدت (وخامت) اثر (S)[۴]

وخامت حاصل از خطر، میزان جدی بودن «اثر خطر بالقوه» بر افراد است. برای وخامت خطر شاخص کمی وجود دارد که برحسب مقیاس ۱ تا ۱۰ بیان می‌گردد (جدول ۱).

جدول ۱. رتبه‌بندی وخامت اثر (۷، ۸ و ۹).

شدت اثر	شرح	رتبه
خطرناک ـ بدون هشدار	وخامت تأسف‌بار است مثل خطر مرگ، تخریب کامل	۱۰
خطرناک ـ با هشدار	وخامت تأسف‌بار است اما همراه با هشدار است	۹
خیلی زیاد	وخامت جبران‌ناپذیر است همانند از دست دادن یک عضو بدن	۸
زیاد	وخامت زیاد است همانند آتش گرفتن تجهیزات سوختگی بدن	۷
متوسط	وخامت کم است مانند ضرب‌دیدگی، مسمومیت خفیف غذایی	۶
کم	وخامت خیلی کم است مانند ضرب‌دیدگی مسمومیت خفیف غذای	۵
خیلی کم	وخامت خیلی کم است ولی بیشتر افراد آن را احساس می‌کنند	۴
اثرات جزئی	اثر جزئی بر جا می‌گذارد مثل خراش دست	۳
خیلی جزئی	اثر خیلی جزئی دارد	۲
هیچ	بدون اثر	۱

۴. Severity (severity of effects ranking score)

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین احتمال وقوع خطر (O)[۵]

احتمال وقوع خطر مشخص می‌کند که یک علت یا مکانیزم بالقوه خطر با چه تواتری رخ می‌دهد. احتمال وقوع خطر بر مبنای رتبه‌بندی ۱ تا ۱۰ سنجیده می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲. رتبه‌بندی احتمال وقوع خطر (۷، ۸ و ۹).

احتمال وقوع خطر	نرخ‌های احتمالی خطر	رتبه
بسیار زیاد: خطر تقریباً اجتناب‌ناپذیر است	۱ در ۲ یا بیش از آن	۱۰
	۱ در ۳	۹
زیاد: خطرهای مکرر	۱ در۸	۸
	۱ در ۲۰	۷
متوسط: خطرهای موردی (گاه‌به‌گاه)	۱ در ۸۰	۶
	۱ در ۴۰۰	۵
	۱ در ۲۰۰۰	۴
کم: خطرهای نسبتاً نادر	۱ در ۱۵۰۰۰	۳
	۱ در ۱۵۰۰۰۰	۲
بعید: وقوع خطر غیرمحتمل است	کمتر از ۱ در ۱۵۰۰۰۰۰	۱

تعیین احتمال کشف خطر [۶] (D)

احتمال کشف خطر درواقع احتمال پی بردن به خطر قبل از وقوع آن است. رتبه‌بندی احتمال کشف خطر نیز بین ۱ الی ۱۰ می‌باشد (جدول ۳) .

جدول ۳. رتبه‌بندی احتمال کشف خطر (۷، ۸ و ۹).

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

محاسبه عدد اولویت ریسک [۷] (RPN)

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.

مشخص نمودن نیاز یا عدم نیاز به اصلاح

در این مرحله ریسک را بر اساس عدد اولویت ریسک رتبه‌بندی می‌کنیم. با توجه به عدد اویت ریسک، سطح ریسک به سه گروه قابل‌طبقه‌بندی می‌باشد (۱۰، ۱۱ و ۱۲):

- سطح عادی (RPN < ۷۰): که در آن‌همه سه عامل RPN (به‌خصوص شدت و احتمال وقوع) واجد رتبه کمتر از ۵ می‌باشند. در این حالت اقدامات اصلاحی الزامی نیست .
- سطح نیمه بحرانی (۷۰ < RPN < ۱۴۰): که در آن

۵. Occurrence (frequency of occurrence ranking score)
۶. Detection (probability of detection ranking score)
۷. Risk priority number

www.SID.ir

Archive of SID

حداقل یک عامل از سه عامل RPN (به‌خصوص شدت و احتمال وقوع) دارای رتبه بیشتر از ۵ می‌باشند. در این شرایط اقدامات اصلاحی ضروری است .

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

در این تحقیق، به‌منظور سهولت بررسی و طبقه‌بندی مخاطرات به تفکیک آزمایشگاه‌ها، با توجه عوامل بالقوه مؤثر در ایجاد خطر در آزمایشگاه‌های پژوهشکده، جداولی طراحی گردید. به‌منظور ارزیابی مخاطرات سه ارزیاب در دو مرحله (قبل و بعد از اقدامات اصلاحی به ترتیب در شهریورماه سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) از هر آزمایشگاه بازدید و جداول مزبور را تکمیل و متعاقباً جداول مربوط به رتبه‌بندی ریسک آزمایشگاه‌ها (بر مبنای عدد الویت ریسک) را تکمیل نمودند.

تحلیل‌های آماری

به‌منظور مقایسه آزمایشگاه‌ها ازنظر عدد الویت ریسک در دو مقطع زمانی بازدید اول (قبل از اقدامات اصلاحی) و بازدید دوم (پس از انجام اقدامات اصلاحی) از دو آزمون کروسکال-والیس[۸] استفاده شد و با توجه به مشاهده اختلاف معنی‌دار، در هر مورد آزمون posthoc مربوطه (من-ویتنی یو[۹]) به‌منظور گروه‌بندی آزمایشگاه‌ها مورداستفاده قرار گرفت. از سوی دیگر به‌منظور مشخص نمودن تأثیر اقدامات اصلاحی انجام‌شده، اعداد الویت ریسک محاسبه‌شده مربوط به هر آزمایشگاه در طی بازدیدهای اول و دوم با به‌کارگیری آزمون من-ویتنی یو مقایسه گردید. به‌منظور گروه‌بندی آزمایشگاه‌ها ازنقطه‌نظر میزان مخاطرات بالقوه از آنالیز خوشه‌ای[۱۰] بر مبنای مقیاس اقلیدسی[۱۱] استفاده شد. کلیه آنالیزهای مزبور با استفاده از نسخه جدید بسته نرم‌افزاری SPSS (Version ۲۱) انجام شد.

یافته‌ها

همان‌گونه که ذکر گردید به‌منظور سهولت بررسی و طبقه‌بندی مخاطرات به تفکیک آزمایشگاه‌ها، جداولی طراحی گردید. جدول ۴ نمونه‌ای از جداول تکمیل‌شده توسط ارزیابان ایمنی آزمایشگاه‌های پژوهشکده به‌منظور بررسی عوامل بالقوه مؤثر ایجاد خطر می‌باشد.

جدول ۴. نمونه‌ای از جداول تکمیل‌شده به‌منظور بررسی عوامل بالقوه مؤثر ایجاد خطر در آزمایشگاه‌های موردبررسی در این تحقیق (آزمایشگاه کروماتوگرافی پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان -(بازدید اول)

ردیف	عوامل بالقوه مؤثر در ایجاد خطر	وجود دارد	وجود ندارد	عدم سنخیت با وظایف آزمایشگاه
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 خطرساز			✓
۱۰	تشعشعات الکترومغناطیسی	✓		
۱۱	خطر حریق	✓		
۱۲	سیلندرهای اطفاء حریق		✓	
۱۳	دتکتورهای اعلام حریق		✓	
۱۴	سیستم‌های خودکار اطفاء حریق		✓	
۱۵	افراد آموزش‌دیده در زمینه حریق		✓	
۱۶	برگه‌های MSDS[۱۲]	✓		
۱۷	پوسترهای ایمنی و علائم هشداردهنده		✓	

۸. Kruskal-Wallis
۹. U yentihW-nnaM
۱۰. Cluster analysis
۱۱. Euclidean distance
۱۲. Material Safety Data Sheet

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۴. نمونه‌ای از جداول تکمیل‌شده به‌منظور بررسی عوامل بالقوه مؤثر ایجاد خطر در آزمایشگاه‌های موردبررسی در این تحقیق (آزمایشگاه کروماتوگرافی پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان -(بازدید اول)

ردیف	عوامل بالقوه مؤثر در ایجاد خطر	وجود دارد	وجود ندارد	عدم سنخیت با وظایف آزمایشگاه
۱۸	جعبه کمک‌های اولیه	✓		
۱۹	راه‌های خروج اضطراری		✓	
۲۰	وسایل حفاظت فردی	✓		
۲۱	دوش اضطراری		✓	
۲۲	دستگاه چشم‌شوی		✓	
۲۳	گذراندن دوره‌های آموزش ایمنی کار در آزمایشگاه		✓	
۲۴	ثبت و گزارش حوادث مخاطره‌آمیز		✓	
۲۵	تهویه عمومی		✓	
۲۶	کالیبراسیون تجهیزات مورداستفاده	✓		
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		✓	

اطلاعات مربوط به رتبه‌بندی ریسک آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان در طی دو مرحله بازدید که توسط سه ارزیاب انجام‌شده است و همچنین آمار توصیفی مربوطه در جدول ۵ ارائه‌شده است.

جدول ۵. رتبه‌بندی ریسک آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان توسط سه ارزیاب در دو مرحله (قبل و بعد از اقدامات اصلاحی)

نام آزمایشگاه	بازدید	ارزیاب	S	O	D	RPN	Mean	SD	سطح ریسک
کروماتوگرافی	۱	۱	۷	۳	۶	۱۲۶	۱۵۶/۳۳	۲۶/۵۰	بحرانی
		۲	۷	۴	۶	۱۶۸			
		۳	۷	۵	۵	۱۷۵			
	۲	۱	۷	۳	۵	۱۰۵	۱۲۶/۰۰	۳۶/۳۷	نیمه بحرانی
		۲	۷	۳	۵	۱۰۵			
		۱	۷	۴	۶	۱۶۸			
تجزیه دستگاهی	۱	۱	۱۰	۶	۹	۵۴۰	۴۷۰/۰۰	۷۹/۲۲	بحرانی
		۲	۹	۶	۹	۴۸۶			
		۳	۸	۶	۸	۳۸۴			
	۲	۱	۱۰	۶	۹	۵۴۰	۴۷۰/۰۰	۷۹/۲۲	بحرانی
		۲	۹	۶	۹	۴۸۶			
		۳	۸	۶	۸	۳۸۴			
آماده‌سازی نمونه	۱	۱	۷	۴	۹	۲۵۲	۲۸۲/۳۳	۳۱/۵۶	بحرانی
		۲	۷	۵	۹	۳۱۵			
		۳	۷	۵	۸	۲۸۰			
	۲	۱	۷	۴	۸	۲۲۴	۲۱۰/۰۰	۱۴/۰۰	بحرانی
		۲	۷	۴	۷	۱۹۶			
		۳	۶	۵	۷	۲۱۰			

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۵. رتبه‌بندی ریسک آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان توسط سه ارزیاب در دو مرحله (قبل و بعد از اقدامات اصلاحی)

نام آزمایشگاه	بازدید	ارزیاب	S	O	D	RPN	Mean	SD	سطح ریسک
پلانکتون	۱	۱	۶	۵	۶	۱۸۰	۱۸۲/۰۰	۳۳/۰۴	بحرانی
		۲	۶	۵	۵	۱۵۰			
		۳	۶	۶	۶	۲۱۶			
	۲	۱	۶	۵	۶	۱۸۰	۱۸۲/۰۰	۳۳/۰۴	بحرانی
		۲	۶	۵	۵	۱۵۰			
		۳	۶	۵	۷	۲۱۰			
بافت‌شناسی	۱	۱	۵	۳	۵	۷۵	۸۵/۰۰	۱۳/۲۳	نیمه بحرانی
		۲	۵	۴	۵	۱۰۰			
		۳	۴	۵	۴	۸۰			
	۲	۱	۵	۳	۵	۷۵	۸۵/۰۰	۱۳/۲۳	نیمه بحرانی
		۲	۵	۴	۵	۱۰۰			
		۳	۴	۵	۴	۸۰			
جانورشناسی	۱	۱	۵	۴	۶	۱۲۰	۱۵۰/۰۰	۳۰/۰۰	بحرانی
		۲	۵	۶	۵	۱۵۰			
		۳	۶	۵	۶	۱۸۰			
	۲	۱	۵	۴	۵	۱۰۰	۱۰۸/۳۳	۱۴/۴۳۴	نیمه بحرانی
		۲	۴	۵	۵	۱۰۰			
		۳	۵	۵	۵	۱۲۵			
بنتوز	۱	۱	۴	۳	۶	۷۲	۶۹/۰۰	۷/۹۴	عادی
		۲	۳	۴	۵	۶۰			
		۳	۵	۳	۵	۷۵			
	۲	۱	۴	۳	۵	۶۰	۶۱/۳۳	۲/۳۱	عادی
		۲	۴	۵	۳	۶۰			
		۳	۴	۴	۴	۶۴			
ژنتیک	۱	۱	۷	۵	۵	۱۷۵	۱۸۸/۳۳	۱۸/۹۳	بحرانی
		۲	۷	۶	۵	۲۱۰			
		۳	۶	۵	۶	۱۸۰			
	۲	۱	۶	۵	۵	۱۵۰	۱۶۰/۰۰	۱۷/۳۲	بحرانی
		۲	۵	۶	۵	۱۵۰			
		۳	۶	۶	۵	۱۸۰			
میکروبیولوژی	۱	۱	۷	۵	۹	۳۱۵	۳۳۷/۶۷	۳۵/۰۲	بحرانی
		۲	۸	۵	۸	۳۲۰			
		۳	۷	۶	۹	۳۷۸			
	۲	۱	۷	۵	۸	۲۸۰	۲۸۹/۳۳	۴۲/۷۷	بحرانی
		۲	۶	۷	۸	۳۳۶			
		۳	۶	۶	۷	۲۵۲			
فرآورده‌های دریایی	۱	۱	۷	۴	۸	۲۲۴	۲۲۶/۳۳	۱۷/۶۲	بحرانی
		۲	۷	۵	۷	۲۴۵			
		۳	۷	۵	۶	۲۱۰			
	۲	۱	۷	۴	۸	۲۲۴	۲۲۶/۳۳	۱۷/۶۲	بحرانی
		۲	۷	۵	۷	۲۴۵			
		۳	۷	۵	۶	۲۱۰			
کشت جلبک	۱	۱	۶	۴	۶	۱۴۴	۱۸۰/۰۰	۳۶/۰۰	بحرانی
		۲	۵	۶	۶	۱۸۰			
		۳	۶	۶	۶	۲۱۶			
	۲	۱	۶	۳	۶	۱۰۸	۱۲۶/۰۰	۲۱/۶۳	نیمه بحرانی
		۲	۵	۴	۶	۱۲۰			
		۳	۵	۵	۶	۱۵۰			

O: احتمال وقوع خطر

D: احتمال کشف خطر

S: شدت اثر

RPN: عدد الویت ریسک

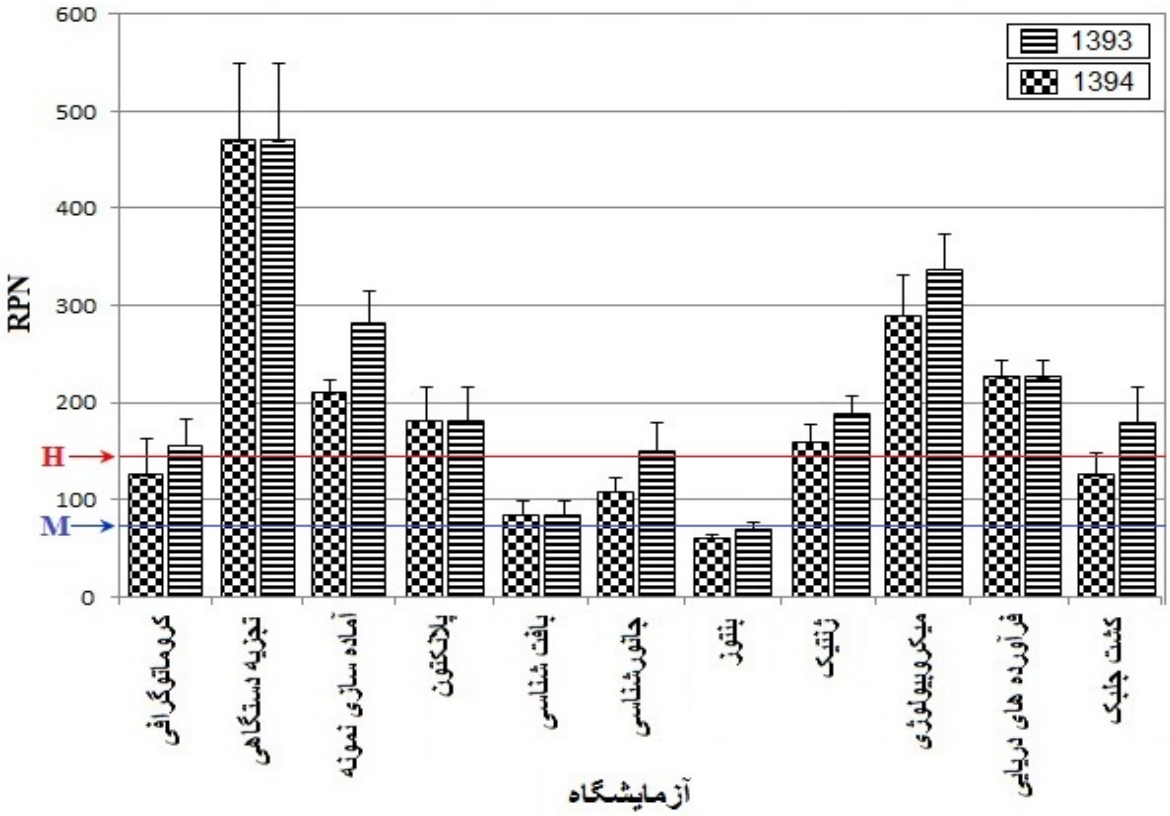
Mean: میانگین

SD: انحراف معیار.

در شکل ۱ تغییرات عدد اولویت ریسک در آزمایشگاه‌های پژوهشکده مشهود است. همان‌گونه که از این شکل و همچنین جدول ۵ قابل استنتاج است، در هر دو مرحله قبل و بعد از انجام اقدامات اصلاحی به ترتیب بیشترین و کمترین عدد اولویت ریسک مربوط به آزمایشگاه‌های تجزیه دستگاهی و بنتوز می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. عدد اولویت ریسک (میانگین و انحراف معیار) در آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی (به ترتیب شهریور ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

M: مرز سطح ریسک عادی و نیمه بحرانی،

H: مرز سطح ریسک نیمه بحرانی و بحرانی،

RPN: عدد الویت ریسک.

جدول ۶. نتایج دو آزمون کروسکال-والیس به‌منظور بررسی این فرض صفر که هیچ اختلاف معنی‌داری میان آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان از دیدگاه عدد اولویت ریسک (RPN) در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی وجود ندارد ($p \leq ۰/۰۰۱$). مقادیر میانگین و انحراف معیار (درون پرانتزها) نیز ارائه گردیده است. آزمایشگاه‌هایی که با حروف لاتین مشابه مشخص گردیده‌اند، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (بر مبنای آزمون من - ویتنی، $p \leq ۰/۰۵$).

جدول ۶. نتایج دو آزمون کروسکال-والیس به‌منظور بررسی این فرض صفر که هیچ اختلاف معنی‌داری میان آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان از دیدگاه عدد اولویت ریسک (RPN) در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی وجود ندارد ($p \leq ۰/۰۰۱$). مقادیر میانگین و انحراف معیار (درون پرانتزها) نیز ارائه گردیده است. آزمایشگاه‌هایی که با حروف لاتین مشابه مشخص گردیده‌اند، فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (بر مبنای آزمون من - ویتنی، $p \leq ۰/۰۵$).

نتایج دو آزمون کروسکال-والیس در جدول ۶ مندرج می‌باشد.

همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، در مرحله قبل از اقدامات اصلاحی، بین آزمایشگاه‌های بنتوز و بافت‌شناسی 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 دریایی با سایر آزمایشگاه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p \leq ۰/۰۰۱$).

با توجه به جدول ۷، می‌توان چنین استنتاج نمود که صرفاً در مورد آزمایشگاه آماده‌سازی نمونه اختلاف معنی‌داری بین شرایط بعد و قبل از انجام برخی اصلاحات مشاهده می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. نتایج دو آزمون کروسکال-والیس به‌منظور بررسی این فرض صفر که هیچ اختلاف معنی‌داری میان آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان از دیدگاه عدد اولویت ریسک (RPN) در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی وجود ندارد (p ≤۰/۰۰۱). مقادیر میانگین و انحراف معیار (درون پرانتزها) نیز ارائه گردیده است. آزمایشگاه‌هایی که با حروف لاتین مشابه مشخص گردیده‌اند فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (بر مبنای آزمون من - ویتنی، p ≤۰/۰۵).

نسبت به زمان / اقدامات اصلاحی	آزمایشگاه											H	*P*-value
	کروماتوگرافی	تجزیه دستگاهی	آماده‌سازی نمونه	پلانکتون	بافت‌شناسی	جانورشناسی	بنتوز	ژنتیک	میکروبیولوژی	فرآورده‌های دریایی	کشت جلبک		
قبل	b	f	de	bc	a	b	a	bc	e	d	bc	۲۹/۳۶۲	۰/۰۰۱
	۱۵۶/۳۳	۴۷۰/۰۰	۲۸۲/۳۳	۱۸۲/۰۰	۸۵/۰۰	۱۵۰/۰۰	۶۹/۰۰	۱۸۳/۳۳	۳۳۷/۶۷	۲۲۶/۳۳	۱۸۰/۰۰		
	(۲۶/۵۰)	(۲۲/۷۹)	(۳۱/۵۶)	(۳۳/۰۴)	(۱۳/۲۳)	(۳۰/۰۰)	(۷/۹۴)	(۱۸/۹۳)	(۳۵/۰۲)	(۱۷/۶۲)	(۳۶/۰۰)		
بعد	bcd	h	ef	def	ab	abc	a	cde	g	f	bcd	۳۰/۲۶۹	۰/۰۰۱
	۱۲۶/۰۰	۴۷۰/۰۰	۲۱۰/۰۰	۱۸۲/۰۰	۸۵/۰۰	۱۰۸/۳۳	۶۱/۳۳	۱۶۰/۰۰	۲۸۹/۳۳	۲۲۶/۳۳	۱۲۶/۰۰		
	(۳۶/۳۷)	(۷۹/۲۲)	(۱۴/۰۰)	(۰۴/۳۳)	(۱۳/۲۳)	(۱۴/۴۳)	(۲/۳۱)	(۳۲/۱۷)	(۷۷/۴۲)	(۶۲/۱۷)	(۶۳/۲۱)		

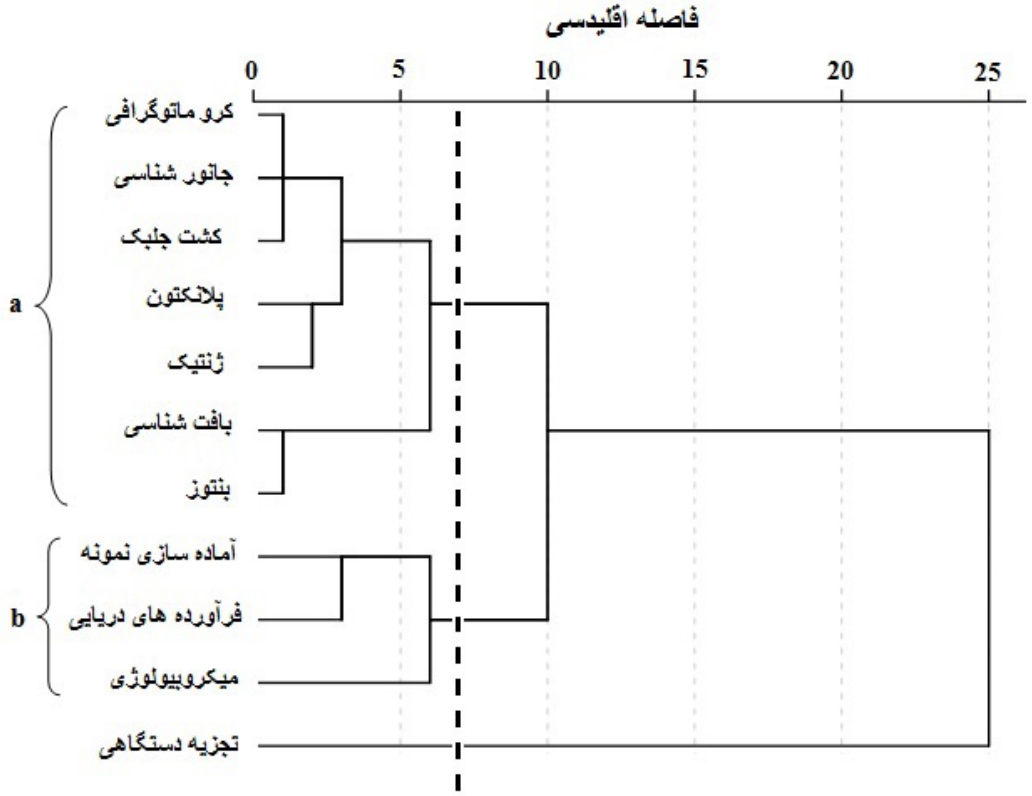
جدول ۷. نتایج ۱۱ آزمون من-ویتنی به‌منظور بررسی این فرض صفر که اختلاف معنی‌داری میان اعداد الویت ریسک در هر یک آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس در دو مقطع زمانی قبل (۱۳۹۳) و بعد از اصلاحات (۱۳۹۴) وجود ندارد (p ≤۰/۰۵).

	آزمایشگاه										
	کروماتوگرافی	تجزیه دستگاهی	آماده‌سازی نمونه	پلانکتون	بافت‌شناسی	جانورشناسی	بنتوز	ژنتیک	میکروبیولوژی	فرآورده‌های دریایی	کشت جلبک
U	۱/۵۰۰	۴/۵۰۰	۰/۰۰۰	۴/۵۵۰	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

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مربوط به گروه‌بندی آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان ازنظر میزان مخاطرات بالقوه با استفاده از آنالیز خوشه‌ای در شکل ۲ ارائه گردیده است. با در نظر گرفتن این شکل مشخص می‌گردد که چنانچه یک خط عمود فرضی در فاصله تقریبی ۷ در نظر گرفته شود، آزمایشگاه‌های کروماتوگرافی، جانورشناسی، کشت جلبک، پلانکتون، ژنتیک، بافت‌شناسی و بنتوز در یک گروه (گروه a)، آزمایشگاه‌های آماده‌سازی نمونه، فرآورده‌های دریایی و میکروبیولوژی در گروه دوم (گروه b) و آزمایشگاه تجزیه دستگاهی به‌صورت مجزا قرار می‌گیرد.



شکل ۲. دندروگرام آنالیز خوشه‌ای برای گروه‌بندی آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان از دیدگاه میزان مخاطرات بالقوه (اعداد الویت ریسک).

بحث

مهم‌ترین مخاطرات در آزمایشگاه‌های پژوهشکده

با توجه به نتایج مندرج در جداول تنظیم‌شده به‌منظور طبقه‌بندی مخاطرات به تفکیک آزمایشگاه‌ها (من‌جمله جدول ۴) می‌توان استنتاج نمود که به برخی عوامل بالقوه مؤثر ایجاد خطر در آزمایشگاه‌های پژوهشکده توجه کافی نشده است که از این میان به‌طورکلی موارد ذیل از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند:

- تهویه عمومی: آزمایشگاه‌ها باید مجهز به تجهیزات تهویه عمومی و در صورت لزوم تهویه موضعی ضد جرقه باشد. یک سیستم تهویه آزمایشگاهی ازنظرSEFA[۱۳] شامل سیستم دمش هوا، سیستم مکش هوا (مکش هوای اتاق و هود آزمایشگاهی)، هود آزمایشگاهی و سایر وسایل تهویه موضعی می‌باشد (۵ و ۱۳).
- ایجاد حریق: در هر محیط آزمایشگاهی باید امکانات و تجهیزات جهت اطفای آتش‌سوزی‌های احتمالی در نظر گرفته شود تا هنگام آتش‌سوزی بتوان از این تجهیزات استفاده کرد. تمام کارکنان آزمایشگاه باید در زمینه مقابله با آتش‌سوزی آموزش داده شوند. این آموزش باید شامل آگاهی از خطر، روش‌های نگهداری و ذخیره‌سازی مایعات آتش‌گیر و آشنایی با سیستم زنگ خطر و برنامه‌ریزی تخلیه اضطراری باشد. علاوه بر این، باید نحوه به‌کارگیری کپسول‌های آتش‌نشانی نیز در آموزش مدنظر قرار گیرد (۵ و ۱۴). با توجه به عدم وجود دتکتورها و سیستم‌های خودکار اطفاء حریق در پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، پیشنهادات مناسب در رابطه با الویت 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

۱۳. The Scientific Equipment and Furniture Association

www.SID.ir

Archive of SID

نجات (خروجی‌های اضطراری) ممکن است اتاق‌هایی را تعبیه کرد که به‌طور 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 مشخص‌شده باشد، ضروری می‌باشد (۱۵ و ۱۶). با توجه به عدم پیش‌بینی راه‌های خروجی اضطراری در هیچ‌یک از آزمایشگاه‌های موردبررسی در این تحقیق، توصیه‌های جدی در این خصوص ارائه گردید.

- تفکیک پسماندها: به‌منظور حفظ سلامت پرسنل آزمایشگاه (و همچنین محیط‌زیست دریافت‌کننده پسماندها) مدیریت صحیح و علمی آن‌ها الزامی می‌باشد. یک برنامه مدیریت صحیح پسماندهای آزمایشگاهی شامل مراحل تفکیک (جداسازی)، آلودگی‌زدایی، ذخیره (انباشت)، حمل‌ونقل و دفع می‌باشد. (۱۷). با عنایت به عدم پیش‌بینی دستورالعمل‌های تفکیک پسماند در اکثر آزمایشگاه‌های پژوهشکده موردنظر، پیشنهادات مناسب در رابطه ضرورت تدوین و اجرای دستورالعمل‌های مربوطه ارائه گردید.
- وسایل حفاظت فردی: وسایل حفاظت فردی شامل وسایل حفاظت تنفسی، لباس‌ها و کفش‌های حفاظتی، وسایل مربوط به حفاظت صورت، چشم‌ها و دست‌ها و وسایل مربوط به پیشگیری از تجمع الکتریسیته ساکن می‌باشد. وسایل حفاظت فردی باید در برابر مخاطرات مربوط به آن دسته از مواد شیمیایی موجود در آزمایشگاه که کارکنان در معرض آن‌ها می‌باشد، حفاظت لازم را تأمین کنند (۱۷ و ۱۸). با توجه به عدم پیش‌بینی تدارک و استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب در برخی آزمایشگاه‌های پژوهشکده موردبررسی در این تحقیق (مشتمل بر آزمایشگاه‌های بافت‌شناسی، جانورشناسی، بنتوز و فرآورده‌های دریایی)، پس از بازدید نخست ارزیابان، پیشنهادات تخصصی در رابطه بااهمیت خریداری و استفاده از تجهیزات مزبور به تفکیک کاربرد در آزمایشگاه‌های تخصصی مختلف ارائه گردید.
- دوش اضطراری و چشم‌شوی: دوش‌های اضطراری بهتر است در محل خروجی آزمایشگاه نصب شوند. طراحی آن‌ها باید طوری باشد که بتوان تمام نقاط بدن را با مقدار زیادی آب شستشو داد. 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 (۱۵ و ۱۶). پس از بازدید اولیه از آزمایشگاه‌های پژوهشکده موردنظر، مشخص گردید که به نصب دوش اضطراری و چشم‌شوی توجه کافی نشده است و تجهیزات مزبور صرفاً در آزمایشگاه فرآورده‌های دریایی نصب‌شده‌اند.
- پوسترهای ایمنی و علائم هشداردهنده: اصولاً 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 (۱۷ و ۱۹). با توجه به عدم به‌کارگیری مناسب علائم هشداردهنده و پوسترهای ایمنی در اکثر آزمایشگاه‌های موردبررسی، پیشنهاداتی در این خصوص به تفکیک آزمایشگاه‌ها به مسئولین ذی‌ربط ارائه گردید.
- وضعیت مناسب انبارها و چیدمان مواد شیمیایی: بسیاری از انواع مواد شیمیایی در زمره مواد شیمیایی خطرناک طبقه‌بندی می‌شوند. لذا در اختیار داشتن اطلاعاتی در مورد ماهیت، غلظت و مقدار آن‌ها حائز اهمیت است. این اطلاعات حاوی نحوه واکنش یک ماده با سایر مواد یا پایداری و ناسازگاری آن با مواد دیگر می‌باشد. کلیه کارکنان آزمایشگاه باید در مورد مواد شیمیایی، خطرات آن‌ها و روش‌های حفاظتی مربوطه آموزش‌های کافی دیده باشند. شایان‌ذکر است که در رابطه با شیوه نگهداری انواع مختلف مواد شیمیایی (خورنده [۱۴]، قابل اشتعال [۱۵]، اکسیدکننده [۱۶]، منفجره و ...) دستورالعمل‌های استانداردی وجود دارد که در صورت عدم توجه کافی به آن‌ها، بروز حوادث ناخوشایند مالی و جانی محتمل می‌باشد. (۱۷ و ۲۰). پس بازدید اولیه از کلیه آزمایشگاه‌های موردبررسی مشخص گردید که وضعیت ایمنی و چیدمان مواد شیمیایی در برخی از آن‌ها مناسب نمی‌باشد. لذا متعاقباً توصیه‌های مناسب به‌منظور انجام اقدامات اصلاحی، به تفکیک آزمایشگاه‌ها ارائه گردید.

ضرورت انجام اقدامات اصلاحی

با توجه به شکل ۱ و جدول ۵ و همچنین معیارهای مندرج در بخش مواد و روش‌ها، سطح ریسک آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان در تمامی موارد به‌جز آزمایشگاه بنتوز، در حد نیمه بحرانی و بحرانی قابل ارزیابی می‌باشد و لذا اجرای اقدامات اصلاحی مؤثر در راستای کاهش محسوس احتمال وقوع مخاطرات در مورد آن‌ها الزامی می‌باشد.

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

الف) اقدامات اصلاحی پرهزینه: این اقدامات را می‌توان به دو گروه طبقه‌بندی نمود: الف-۱) اقداماتی که برای انجام آن‌ها تغییراتی در ساختار آزمایشگاه‌ها الزامی می‌باشد (مانند احداث راه‌های خروج اضطراری) الف-۲) اقداماتی که در اجرای آن‌ها نصب برخی ابزار یا تجهیزات گران‌قیمت ضروری می‌باشد (مانند نصب سیستم‌های خودکار تشخیص و اطفاء حریق در تمامی آزمایشگاه‌ها).

ب) اقدامات اصلاحی قابل‌اجرا با هزینه کم و متوسط: در این

۱۴. corrosive
۱۵. flammable
۱۶. oxidizer

www.SID.ir

Archive of SID

خصوص می‌توان به اقداماتی نظیر نصب سیستم‌های تهویه عمومی، چشم‌شوی، دوش اضطراری و ... اشاره نمود.

ج) اقدامات اصلاحی بسیار کم‌هزینه یا بدون هزینه: در این رابطه می‌توان اقداماتی مانند تغییر در چیدمان تجهیزات و مواد شیمیایی، نصب پوسترهای ایمنی و علائم هشداردهنده و برگزاری دوره‌های آموزشی مرتبط با را ذکر نمود. شایان‌ذکر است، پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که آموزش‌های ایمنی یکی از ابزارهای مؤثر در پیشگیری از بیماری‌ها و حوادث شغلی می‌باشد (۲۱).

با توجه به جدول ۵، متعاقب انجام برخی اقدامات اصلاحی در آزمایشگاه‌های پژوهشکده، سطح ریسک در تمامی آزمایشگاه‌ها (به‌جز آزمایشگاه بنتوز) همچنان در سطح نیمه بحرانی و بحرانی می‌باشد. به بیانی دیگر اقدامات اصلاحی انجام‌شده چندان ثمربخش نبوده است.

با توجه به اینکه بر اساس نتایج آزمون‌های کروسکال-والیس در هر دو مرحله قبل و بعد از اقدامات اصلاحی (جدول ۵)، اختلاف معنی‌داری میان آزمایشگاه‌های پژوهشکده از دیدگاه RPN مشاهده می‌شود، مراجعه به نتایج آزمون‌های posthoc در هر دو مرحله، نشانگر آن است که کمترین میزان مخاطرات در آزمایشگاه‌های بنتوز و بافت‌شناسی مشاهده می‌شود و بیشترین مخاطرات در آزمایشگاه تجزیه دستگاهی قابل‌تشخیص است. از سوی دیگر نتایج مربوط به گروه‌بندی آزمایشگاه‌ها با استفاده از آنالیز خوشه‌ای (شکل ۲) نیز تا حدود زیادی به نتایج آزمون‌های posthoc شباهت دارد.

نتیجه‌گیری

سطح ریسک در تمامی آزمایشگاه‌های پژوهشکده موردنظر به‌جز آزمایشگاه بنتوز، در حد نیمه بحرانی و بحرانی قابل ارزیابی می‌باشد. برخی از عوامل مؤثر در ایجاد مخاطرات ساختاری بوده و نیاز به تأمین 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 قابل‌قبول رساند. در هر دو مرحله قبل و بعد از اقدامات اصلاحی، اختلاف معنی‌داری میان آزمایشگاه‌های پژوهشکده از دیدگاه عدد الویت ریسک مشاهده می‌شود. کمترین میزان مخاطرات در آزمایشگاه‌های بنتوز و بافت‌شناسی مشاهده می‌شود و بیشترین مخاطرات در آزمایشگاه تجزیه دستگاهی قابل‌تشخیص است. صرفاً در مورد آزمایشگاه آماده‌سازی نمونه، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر RPN در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی مشاهده می‌گردد ($p<۰/۰۵$). البته در این مورد نیز اقدامات انجام‌شده تأثیری در تغییر سطح ریسک نداشته است و کماکان در سطح بحرانی باقی‌مانده است. درمجموع می‌توان چنین استنتاج نمود که FMEA روشی مناسب برای ارزیابی مخاطرات کارکنان آزمایشگاه‌های تحقیقاتی می‌باشد و از روش‌های آماری مناسب نیز می‌توان برای تحلیل‌های تکمیلی استفاده نمود. استفاده از روش‌های آماری مناسب و مرتبط ازجمله مزایای این تحقیق نسبت به اکثر تحقیقات مشابه منتشرشده در منابع علمی معتبر می‌باشد. پیشنهاد می‌گردد که در پژوهش‌های آتی علاوه بر بررسی مخاطرات بالقوه مربوط به ایمنی پرسنل آزمایشگاه‌ها، مباحث زیست‌محیطی و بهداشتی نیز به‌طور همزمان در آزمایشگاه‌ها موردبررسی قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

این مقاله نتیجه اجرای یک پروژه تحقیقاتی تحت عنوان "ارزیابی مخاطرات آزمایشگاه‌های پژوهشکده‌های تابعه موسسه تحقیقات علوم شیلاتی" مصوب موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور با کد ۱۲-۱۲-۱۲- ۹۱۶۰-۹۲۰۰۱ است که در طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ اجراشده است. نویسندگان این مقاله مراتب قدردانی خود را از پرسنل آزمایشگاه‌های پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان در این تحقیق ابراز می‌دارند.

References

1. International Association of Classification Societies. A Guide to Risk Assessment in Ship Operations. London2004; Available from: http://www.iacs.org.uk/document/public/Publications/Guidelines_and_recommendations/PDF/REC_127_pdf1842.pdf.

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 (Tehran). 2014;2(2):113-23.

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.

www.SID.ir

Archive of SID

4. Barends D, Oldenhof M, Vredenbregt M, Nauta M. Risk analysis of analytical validations by probabilistic modification of FMEA. J Pharm Biomed Anal. 2012;64-65:82-6. [PubMed]

5. Pourang N, Baniamam M. A guideline on hazards, Health and safety in the research and laboratory works. Types of hazards and ergonomics in the laboratory. Iranian Fisheries Research Organization.2011. p. 253.

6. 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.

7. Wang Y-M, Chin K-S, Poon GKK, Yang J-B. Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. Expert systems with applications. 2009;36(2):1195-207.

8. 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.

9. Neshkov T, Stefanov A, Ivanov V. Application of PFMEA for Identification of Self Recovering Failures in Production Lines for Automatic Assembly of Capacitors, XI International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements,Serbia, 2012, pp. 1-4.

10. Rakesh R, Jos BC, Mathew G. FMEA analysis for reducing breakdowns of a sub system in the life care product manufacturing industry. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology. 2013;2(2):218-25.

11. Ebrahemzadih M, Halvani G, 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(03):127.

12. Kangavari M, Salimi S, Nourian R, 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.

13. Organization World Health. Laboratory biosafety manual. Third, editor. Geneva: World Health Organization; 2004.

14. National Fire Operations Reporting System. Fire Emergency, National Fire Protection Association. 2009; Available from: http://www.nfpa.org/index.asp.

15. Furr AK. CRC handbook of laboratory safety. 5, editor: CRC press; 2000.

16. Alizadeh Azimi A, Tajrishi B, Kargar Razi M. A guideline on safety and protection for working with chemicals: Kavosh Ghalam Press; 2000.

17. Pourang N, Baniamam M, Motallebi A. A guideline on hazards, Health and safety in the research and laboratory works.Types of hazards of equipment and sampling laboratory. Iranian Fisheries Research Organization.2013. p. 212.[pubMed]

18. Delkhosh M. Safety in the use of chemicals at work.2005.

19. Zamanian Z, Afshin A, Davoudiantalab A, Hashemi H. Comprehension of workplace safety signs: A case study in Shiraz industrial park. Journal of Occupational Health and Epidemiology. 2013;2(1):37-43.

20. American Conference of Governmental Industrial Hygiene. Introduction to industrial hygiene. 2008.

21. Kiani F, Khodabakhsh MR. The role of supervisor in effectiveness of safety training session and changing employees' attitudes toward safety issues. Safety promotion and injury prevention (Tehran). 2015;3(1):49-56.

www.SID.ir