ارزیابی و مدیریت ریسک بهداشت، ایمنی و محیط زیست در سایت‌های آزمایشگاهی–تحقیقاتی

رسول یاراحمدی[۱*] - پروین مریدی[۲]

r-yarahmadi@tums.ac.ir

چکیده

مقدمه: «خطر کردن » و به تعبیری دیگر «ریسک » فرایندی است که در هر عرصه نتیجه ای نامشخص و نامعلوم دارد. ریسک در پروژه، رویدادها یا وضعیت‌های ممکن الوقوع نامعلومی هستند که در صورت وقوع، به‌صورت پیامدهای منفی یا مثبت بر اهداف پروژه موثر می باشند. بنابراین شناسایی ریسک و تعیین میزان پیامدهای مثبت و منفی آن بر اهداف پروژه از اهمیت خاصی برخوردار است. امروزه فرایند های آموزشی و پژوهشی با پیچیدگی و عدم قطعیت بیشتری مواجه هستند بر همین اسا س مدیریت ریسک تخصصی را مشکل تر می‌نمایند.

روش کار: این تحقیق با هدف تعیین سطح ریسک به تفکیک آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و پژوهشی و هم‌چنین تعیین اولویت اقدامات اصلاحی در هر فضا و دانشکده با کمک روش ISO 14121 موضوعات بهداشت و ایمنی و EMEA موضو عات زیست محیطی را مورد مطالعه و تحلیل قرار داده است. مقایسه علت‌های متعدد در هر آزمایشگاه با کمک شاخص «هرچه بزرگ‌تر –مهم‌تر یا TLB و مقایسه بین هر آزمایشگاه با کمک شاخص ریسک کل» «Total risk estimation» مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

یافته ها: نتایج آنالیز داده های تحقیق نشان می دهد که از کل ریسک های اصلی و ذاتی در سایت‌های آزمایشگاهی در محدوده ۸۶-۳۸ درصد ریسک‌ها کاهش یافته است. هم‌چنین مقایسه متوسط سطوح ریسک قبل و بعد از اقدامات کنترلی و حفاظتی به تفکیک جنبه های بهداشت، ایمنی و محیط زیست به‌طور معنی داری (Pvalue< 0.0001) با رویکرد مدیریت ریسک در کاهش و تخفیف ریسک‌های ذاتی موثر بوده است.

کلمات کلیدی: *ریسک کل، سایت آزمایشگاهی، آنالیز ریسک، مدیریت ریسک*

۱- استادیار گروه بهداشت حرفه ای ،دانشکده بهداشت و عضو مرکز تحقیقات بهداشت کار ایران دانشگاه علوم پزشکی تهران.

۲- دانشجوی دکتری محیط زیست واحد علوم و تحقیقات –دانشگاه آزاد اسلامی.

مقدمه

ارزیابی و رتبه بندی ریسک یکی از کلاسیک ترین و علمی ترین روش‌های ساده سازی پتانسیل مخاطرات با رویکرد مدیریت ریسک می‌باشد. (Refaul, *et al.,* 2011) بررسی عوامل و تشخیص نقاط حادثه خیز و خطرآفرین درسازمان به منظور پیگیری از بروز حوادث از اهمیت ویژه ای برخوردار است. ریسک در پروژه، رویدادها یا وضعیت‌های ممکن الوقوع نامعلومی هستند که در صورت وقوع، به‌صورت پیامدهای منفی یا مثبت بر اهداف پروژه موثر می‌باشند. هر یک از این رویدادها یا وضعیت‌ها، دارای علل مشخص و نتایج و پیامدهای قابل تشخیص هستند. پیامدهای این رویدادها مستقیماً در زمان، هزینه و کیفیت پروژه موثر می باشند. بنابراین شناسایی ریسک و تعیین میزان پیامدهای مثبت و منفی آن بر اهداف پروژه از اهمیت خاصی برخوردار است. مسأله منابع و محدود بودن آن‌ها بهداشت، ایمنی و محیط زیست را در زمره مسایل مهم سازمانی قرار داده است، به‌طوریکه جامعه بشری و به ویژه کشورهای در حال توسعه مانند کشور ما ایران با آن روبه‌رو است. شاید در آستانه ورود به قرن بیست ودوم، بتوان حفظ و صیانت از انسان را از جمله مهم‌ترین چالش‌های بشر قلمداد نمود.چرا که کاهش خطر پذیری انسان اصلی‌ترین هدف سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست[1] می‌باشد (Olsson, 2007).

امروزه موضوعات HSE ابعاد مختلف فرایند های صنعتی، تولیدی، آموزشی و پژوهشی سلامت، ایمنی و محیط کار را تحت تاثیر خود قرار داده است. اساس و پایه مدیریت سلامت، امنیت و محیط زیست کارکنان و پرسنل تحت حمایت هر مدیریت، ارزیابی ریسک می باشد. «خطر کردن»[2] و به تعبیری دیگر «ریسک»[3] فرایندی است که در هر عرصه نتیجه ای نامشخص و نامعلوم دارد، اما همین «فرایند» همواره آبستن نوآوری هایی بوده که مسیر تاریخ بشریت را دگرگون ساخته است، به گونه ای که آن‌چه امروز به عنوان علم و فنآوری و نیز یافته های بشری در خدمت انسان قرار دارد، برآیند «روح خطرکردن » در عرصه های گوناگون است (Hillson, 2004).

تحقیق حاضر در یکی از مراکز آموزشی و دانشگاهی که ماموریت آن تربیت و آموزش دانشجویان تحصیلات تکمیلی در تهران با اهداف استراتژیک ارزیابی و مدیریت ریسک شامل کمک به تصمیم گیری صحیح برای انتخاب راه‌حل‌های کنترل سلامت - ایمنی و زیست محیطی، کمک به کاهش و کنترل پیامد ها و اثرات مخرب انسانی-فرایندی و زیست محیطی می‌باشد.

مطالعات ارزیابی ریسک انجام شده توسط سازمان دولتی محیط زیست امریکا[4]، اداره بهداشت و ایمنی[5]، عمدتا از روش‌های استاندارد با تاکید بر فاکتورهای موثر از جمله سطح تماس با مواد شیمیایی،نوع تماس و دوره تماس با عوامل خطر زا استفاده نموده است. (EPA, 2010).

هم‌چنین در سال‌های اخیر مطالعات و ارزیابی ریسک ناشی از مخاطرات آزمایشگاهی و تحقیقات عمدتا به روش‌های کیفی بر مواد شیمیایی (بویژه مواد نانو) متمرکز شده است. آقای Sayre در سال ۲۰۱۱ مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی و مدیریت ریسک مواد نانو مربوط به سلامت کارگران و پژوهش‌گران به روش TSCA (Toxic Substance Control Act)، پس از تشکیل تیم‌های کارشناسی در زمینه شیمی، مهندسی، سم شناس، ارزیاب مواجهه، ارزیابی ریسک انجام داد. نتایج تحقیق که تنها بر مشخصات و مخاطرات احتمالی ۱۰۰ نوع ماده در مقیاس نانو متمرکز شده بود در مدیریت ریسک شاغلین در معرض باعث کنترل و

1- Health ,Safety and Environment Management System
2- To endanger
3- Risk
4- Environment Protection Agency-US
5- Occupational Safety and Health Administration

اصلاحات در مغایرت‌های بهداشتی محیط کار محققان و کارگران شد.

(Sayre, 2001). هم‌چنین در مطالعه‌ای دیگر توسط Musee N در سال ۲۰۱۰ با هدف ارزیابی ریسک مواد نانو، چالش‌های مدیریت و ارزیابی ریسک به روش‌های کیفی و نیمه کمی مورد مطالعه قرار گرفته است که نتایج بررسی بیانگر ضرورت و آنالیز پروفیل مواد شیمیایی و نانو در ارزیابی ریسک می‌باشد. از طرفی در این تحقیق بر جنبه‌های زیست محیطی علاوه بر نظارت و کنترل کیفی و ایمنی مواد نانو توسط مدیریت ارشد در سازمان تاکید شده است (Musee, 2010) .در سال ۲۰۰۸ آقای مازو و همکاران مطالعه‌ای با موضوع ارزیابی مخاطرات شیمیایی در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی روی ۶۰ ماده شیمیایی در مراکز آزمایشگاهی و تحقیقاتی در مدت ۶ ماه بر روی ۴ نفر محقق انجام داند .در این تحقیق همانند مطالعات قبلی با محوریت ارزیابی مواد شیمیایی به عنوان مخاطرات مورد ارزیابی به روش OSHA اولویت‌های کنترلی علل پیدایش و بالقوه گروه مواد شیمیایی و نیز راه‌کارهای اجرایی و کنترلی شناسایی و پیشنهاد شده است (Maazza, 2008).

لذا بر اساس نتایج مطالعات و تحقیقات انجام شده، ضمن این‌که هر کدام از روش‌های مورد استفاده دارای مزایا و نقاط قوتی می‌باشند اما تنها به یک موضوع خاص یعنی مواد شیمیایی و ارزیابی شدت و احتمال مواجهه افراد و یا جنبه‌های محیطی پرداخته است که این ویژگی در تعیین ریسک هم‌زمان چند عامل فیزیکی و شیمیایی و ارگونومیکی و ... در محیط کار تحقیق (آزمایشگاه) موثر و کارآمد نخواهد بود. بنابراین در تحقیق حاضر از روش بین المللی ISO14121 با قابلیت سنجش و ارزیابی ترکیب عوامل خطر انسانی- ماشینی و زیست محیطی (ریسک فاکتورهای بهداشت، ایمنی و محیط زیست) استفاده شده است (EPA 1997).

در این تحقیق از روش ارزیابی ریسک در ماشین آلات، فرایند، محیط، وضعیت و شرایط کاری خطرناک به‌طور همزمان بهره گرفته شده است. روش ارزیابی ریسک موضوعات بهداشتی و ایمنی تحت عنوان ارزیابی ریسک ماشین آلات مبتنی بر استاندارد اروپا و مورد تایید استاندارد بین المللی و با عنوان ISO14121, EN1050 و روش ارزیابی مخاطرات زیست محیطی[1] مورد استفاده قرار گرفته است (ISO 14121-1, 2007).

از آن‌جاکه امروزه فرایندهای آموزشی و پژوهشی با پیچیدگی و عدم قطعیت بیش‌تری مواجه هستند قوانین و مقررات نیز به نوبه خود الزامات سخت گیرانه‌تری را مطرح می‌نمایند. فرآیند ارزیابی ریسک[2] اولین مرحله از مجموعه فعالیت‌های مدیریت ریسک است. این فرآیند حیاتی جایگاه ویژه‌ای در سیستم مدیریت پژوهش محور به خود اختصاص داده است .ارزیابی ریسک برای پاسخ به سوالات زیر انجام می‌شود: -اگر یک ریسک خاص اتفاق بیفتد چه‌قدر آسیب در پی خواهد داشت؟ احتمال وقوع هر ریسک چه‌قدر است؟ - کنترل هر ریسک چه میزان هزینه دارد، آیا مقرون به صرفه است یا نه؟ (Yarahmadi, 2008). لذا مطالعه حاضر با اهداف ذکر شده و در جهت پاسخ به سئوالات پژوهشی طرح انجام شده است.

روش کار

ارزیابی مخاطرات بهداشتی و ایمنی

در ابتدا مطالعه و شناسایی خطرات بهداشتی، ایمنی و محیط زیستی به تفکیک فضاهای تحقیقاتی (آزمایشگاه) با کمک روش شناسایی مخاطرات[3] انجام شد. به‌منظور انتخاب روش جامع آنالیز و ارزیابی ریسک، ترکیبی از عوامل مخاطره‌زای محیط کار ازجمله مخاطرات الکتریکی،

1- Environmental Failure Mode and Effect Analysis (EFMEA)
2- Risk Assessment Process
3- Hazard Identification technique

شیمیایی، مکانیکی، زیست محیطی بهداشت شغلی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. سازمان محیط زیست آمریکا جهت مطالعه و ارزیابی ریسک تجمیع مخاطرات و عوامل خطرزای انسانی، محیطی و ماشینی مطابق آخرین روش جامع پیشنهادی ابعاد و جنبه های مختلف ریسک را در شش بند مختلف شامل منابع،عوامل خطر، مسیر انتقال، زمان تاثیر، هدف و جامعه در معرض مورد بررسی و مطالعه قرار داده است. این روش از نظر پیچیدگی اثرات، پیامدها و فرموله کردن نتایج بدست امده از محدودیت‌های برخوردار می‌باشد (CDC,NIOSH, 2006; ISO 14121-1, 2007).

از طرفی روش‌های کیفی و نیمه کمی مثل روش‌های William fine,FMEA هر کدام در برآورد سطح فاکتورها و مولفه های تابع ریسک در فرایند های خاص به‌طور ویژه قابل استفاده است. حال آن که برای فرایندهای پیچیده‌تر مانند فضاهای آزمایشگاهی و تحقیقاتی که ترکیبی از مخاطرات شیمیایی، فیزیکی، مغناطیسی، حریق و رفتارهای غیر ایمن دانشجویان وجود دارند، از محدودیت‌های برخوردار هستند که در انتخاب روش‌های ذکر شده ما را محدود می‌کنند (Michael, 2007; Thomas, 2004).

لذا در این پروژه از روش ارزیابی ریسک در ماشین آلات، فرایند، محیط، وضعیت و شرایط کاری خطرناک در هر آزمایشگاه به‌طور هم‌زمان استفاده شده است. روش ارزیابی ریسک موضوعات بهداشتی و ایمنی تحت عنوان ارزیابی ریسک ماشین آلات مبتنی بر استاندارد بین المللی و استاندارد مورد تایید اروپا با عناوین ISO14121, EN1050 استفاده شده است .در این روش کلیه موضوعات خطرات ،وقایع خطرزا و شرایط خطر هم از حیث علت و هم پیامد مربوطه با شرح جزییات هر عامل مورد مطالعه و آنالیز قرار می‌گیرد. این روش فاکتورهای موثر شامل درست نمایی، فراوانی مواجهه، درجه آسیب و جراحت، تعداد افراد در معرض ریسک را پس ازبرآورد اولویت بندی می‌کند. در این تحقیق شاخص ریسک مطابق فرایند محاسبه تابع ریسک، فاکتورها و پارامترهای تاثیر گذار ازجمله پیامد، احتمال وقوع و نیز شدت مواجهه مخاطرات به تفکیک هر فرآیند و در هر آزمایشگاه به‌طور اختصاصی مورد بررسی قرارگرفته است. رویکرد نیمه کمی ارزیابی ریسک در جهت بیان مقادیر واقعی و عددی شاخص محاسباتی احتمال خطرپذیری و پیامدهای مربوطه می‌باشد. کلیه فرایندهای ارزیابی ریسک توسط تیم‌های کارشناسی و مجرب پس از آموزش‌های تخصصی انجام می‌شود. سپس نتایج کمی و درجه‌بندی شده شاخص ریسک بر مبنای نمرات اولویت ریسک در هر موضوع خطر و سپس هر آزمایشگاه منطبق با روش هرچه بزرگ‌تر[1] - بهتر و مقایسه بین فضاهای تحقیقاتی در اولویت اقدامات کنترلی و اجرایی در فرایند مدیریت ریسک قابل استفاده خواهد شد. هم‌چنین این روش قابلیت کمک به آگاهی پرسنل در معرض، جهت بهبود وضعیت ممکن را نیز داراست. ساختار روش مذکور مبتنی بر الزامات HSE می باشد، روش EN1050 (PILZ)یک روش نوآور در تکنولوژی جدید با رویکرد حفاظت از انسان، ماشین و محیط زیست می باشد .نحوه و مراحل برآورد هر کدام از مولفه های تابع ریسک در جداول ذیل امده است (ISO 14121-1, 2007).

محاسبه عدد اولویت خطر (HRN)[2] در روش PILZ

در این روش با کمک ملاحظات فرایندی –عملیاتی و اجرایی مبتنی بر پتانسیل و شرایط وقوع خطر، تعداد افراد در معرض، به تفکیک علل

1- The larger-the better
2- Hazard Rate Number

جدول۱: احتمال رخداد وقایع

LO score	Likelihood of Occurrence	More Descriptions
0.033	Almost impossible	Only in extreme circumstances
1	Highly unlikely	Though conceivable
1.5	Unlikely	But could occur
2	Possible	But unusual
5	Even chance	Could happen
8	Probable	Not surprising
10	Likely	To be expected
15	Certain	No doubt

جدول۲: درجه آسیب ممکن

DPH	Degree of Possible Harm
0.1	Scratch or bruise
0.5	Laceration or mild ill-effect
2	Break of minor bone or minor illness (temporary)
4	Break of major bone or major illness (temporary)
6	Loss of one limb, eye, hearing (permanent)
10	Loss of two limbs or eyes (permanent)
15	Fatality

جدول۳: ضریب فراوانی مواجهه

FE	Frequency of Exposure
0.5	Annually
1	Monthly
1.5	Weekly
2.5	Daily
4	Hourly
5	Constantly

احتمالی با هدف محاسبه عدد اولویت خطر استفاده شده است. نتایج HRN در ارزیابی سطح ریسک[1] و نیز تلاش در جهت کاهش ریسک[2] قبل و پس از اقدامات اصلاحی در دو مرحله جداگانه مطابق رابطه محاسبه شده است.

$$HRN = LO \times FE \times DPH \quad (۱)$$

1- Risk levels
2- Mitigation effort

ارزیابی مخاطرات زیست محیطی

ارزیابی مخاطرات زیست محیطی با کمک روش استقرایی (از جزء به کل) با عنوان حالات شکست و تجزیه و تحلیل مخاطرات زیست محیطی[1] استفاده شده است. روش حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن یک ابزار نظام یافته بر پایه کار تیمی است که در تعریف، شناسایی، ارزیابی، پیشگیری، حذف یا کنترل حالات، علل و اثرات

1- Environmental Failure Mode and Effect Analysis

جدول۴: تعداد افراد در معرض

NP	Number of Persons at risk(persons)
1	1-2
2	3-7
4	8-15
8	16-50
12	50+

جدول۵: عدد خطر و سطح ریسک ناشی از عامل مخاطره

HRN(RPN)	Risk Level	Mitigation Effort	Risk Management Acts
0-5	Negligible	Accept	This Risk May not need immediate Act
5-10	Low	Accept	This Risk May not need immediate Act
10-30	Moderate , significant	Control	Do something about these risks as soon as possible
30-100	Substantial	Control/Transfer	Do something about these risks immediately
100-300	High	Avoided/Control/transfer	Just Do It
300-500	Very High	Aviode	Elimination
Over 500	Unacceptable	Avoide	Elimination

خطاهای بالقوه در یک سیستم، فرآیند، طرح یا خدمت به‌کار گرفته می شود. به بیان دیگر EFMEA یک روش تحلیلی در ارزیابی ریسک محیطی و از زیر شاخه‌های FMEA می‌باشد . این روش تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده‌ای که در آن ارزیابی ریسک انجام می‌شود و هم‌چنین علل و اثرات مرتبط با آن را شناسایی و امتیازدهی می‌کند. این ابزار یکی از مدل‌های مؤثر برای پیش بینی خطا و راه حل کم هزینه برای جلوگیری از بروز خطاست. هدف اولیه FMEA، پیش بینی مهم‌ترین مشکلات و پیشگیری از بروز آن‌ها یا کمینه کردن پیامدهای ناشی از بروز آن‌هاست.

FMEA با بهینه سازی فرآیندها، باعث کاهش مبالغ زیادی از هزینه ها می‌شود، در نتیجه فرآیند قوی و خلل ناپذیری خواهیم داشت که هرگز با بحران های بی موقع در مرحله پایانی فرآیند رو به رو نمی شود و نیازی به اصلاح مجدد ندارد. این روش برای جلوگیری از شکست قبل از وقوع انجام می شود.اجرای FMEA برعکس بسیاری از شیوه های بهینه سازی کیفیت، نیاز به آمارگیری پیچیده‌ای ندارد. (Danielson, 2001; Mi-chael, 2007; Thomas, 2004; Goyal, 1993)

عدد اولویت ریسک(RPN)[1] حاصلضرب سه عدد وخامت(S)[2]، رخداد (O)[3]، احتمال کشف (D)[4] است. بنابراین عدد اولویت عددی بین ۱ و ۱۲۵خواهد بود. برای پایین آوردن ریسک‌های بالا، با تشکیل کارگروه و استفاده از پیشنهادات اصلاحی باید اقدام شود.

محاسبه ضریب تخریب زیست محیطی در EFMEA

شناسایی وکاهش ریسک درپروژه ها ازمراحل بسیارمهم درمدیریت پروژه‌های موفق می‌باشد. جهت ارزیابی جنبه‌های زیست محیطی شناسایی شده، از روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن بر محیط زیست (EFMEA) استفاده شد که هدف آن شناسایی به موقع

1- Risk Priority Number
2- Severity
3- Occurrence
4- Detection

مهم‌ترین جنبه‌های زیست‌محیطی مؤثر بر وضعیت زیست محیطی در محدوده تحت تاثیر از فعالیت ها و فرآیندهای در حال انجام بر اساس توانایی شناسایی و ارزیابی این روش بود. به‌منظور کاربرد روش EFMEA، هر یک از جنبه‌های شناسایی شده به دو گروه به‌شرح ذیل تقسیم می‌شوند.

الف) آن دسته از جنبه‌های زیست‌محیطی که باعث انتشار یا تولید انواع آلودگی‌ها، ضایعات، پسماندها و فاضلاب‌ها در محیط زیست می‌شوند.

ب) آن دسته از جنبه‌های زیست محیطی که باعث کاهش یا اتلاف منابع طبیعی در اثر استفاده از آن‌ها می‌شوند.

بر این اساس برای گروه اول از جنبه‌های زیست محیطی برای به دست آوردن ضریب تخریب زیست محیطی از فرمول زیر استفاده شد:

(۲)

گسترده آلودگی × احتمال وقوع × شدت = ضریب تخریب زیست‌محیطی

و برای گروه دوم از جنبه‌های زیست‌محیطی که در ذیل به آن اشاره شده جهت محاسبه ضریب تخریب زیست محیطی از فرمول دیگری استفاده شد:

(۳)

امکان بازیافت × احتمال وقوع × شدت = ضریب تخریب زیست‌محیطی

در مورد امتیاز دهی به پارامتر گستره آلودگی، پنج محدوده مختلف برای آن در نظر گرفته شد، که برحسب سطحی که توسط آلودگی ممکن است تحت تاثیر واقع شود به صورت زیر رده بندی گردید:

- امتیاز ۱ برای آلودگی هایی که تنها همان ایستگاه کاری یا همان نقطه را تحت تاثیر قرار می‌دهند.
- امتیاز ۲ برای آلودگی هایی که در سطح آزمایشگاه ایجاد آلودگی‌می‌نمایند.
- امتیاز ۳ برای آلودگی هایی که در سطح دانشکده ایجاد آلودگی‌می‌نمایند.
- امتیاز ۴ برای آلودگی هایی که در سطح دانشگاه ایجاد آلودگی‌می‌نمایند.
- امتیاز ۵ برای آلودگی هایی که در سطح منطقه بقایی (حد اکثر محدوده ای که هر آلودگی بسته به نوع و ماهیت خود می‌تواند در آن انتشار یابد) ایجاد آلودگی می‌نمایند.

برای امتیاز دهی به پارامتر امکان بازیافت منابع نیز پنج سطح مختلف در نظر گرفته شد که عبارتند از :

- امتیاز ۵ برای حالاتی که منابع غیر قابل بازیافت مورد استفاده قرار می گیرند.
- امتیاز ۴ برای حالاتی که منابع قابل بازیافت مورد استفاده قرار می گیرند.
- امتیاز ۳ برای حالاتی که منابع غیر قابل بازیافت اتلاف می گردند.
- امتیاز ۲ برای منابعی که قابلیت بازیافت دشوار دارند اتلاف می گردند.
- امتیاز ۱ برای منابعی که به سادگی قابلیت بازیافت دارند اتلاف می گردند.

جدول۶: شدت یا وخامت خطر

امتیاز	شدت اثر	شرح
۵	شدید / فاجعه آفرین	از بین رفتن کامل تجهیز به طوری‌که نیاز به جایگزینی تجهیز می‌باشد.
۴	جدی	از بین رفتن بخش عمده‌ای از تجهیز به طوری‌که نیاز به بازسازی کلی دارد.
۳	متوسط	نیاز به تعمیرات اساسی تجهیزات همراه با توقف طولانی مدت خط دارد.
۲	خفیف	تعمیرات جزیی به همراه توقف کوتاه مدت خط.
۱	ضرر ناچیز	تعمیرات جزیی بدون توقف خط.

جدول۷: احتمال وقوع

امتیاز	شدت اثر	شرح
۵	شدید / فاجعه آفرین	از بین رفتن کامل تجهیز به طوری‌که نیاز به جایگزینی تجهیز می‌باشد.
۴	جدی	از بین رفتن بخش عمده‌ای از تجهیز به طوری‌که نیاز به بازسازی کلی دارد.
۳	متوسط	نیاز به تعمیرات اساسی تجهیزات همراه با توقف طولانی مدت خط دارد.
۲	خفیف	تعمیرات جزیی به همراه توقف کوتاه مدت خط.
۱	ضرر ناچیز	تعمیرات جزیی بدون توقف خط.

جدول۸: طبقه بندی سطح ریسک بر اساس نمره امتیاز ریسک در روش EFMEA

levels Risk	RPN (classification)	توضیح بیش‌تر
Acceptable Area	۱-۱۰	در این سطح اقدامات اصلاحی و یا کنترلی ضرورتی ندارد
Low Area	۱۰-۲۵	سطح ریسک پایین است. ولی بهتر آن است تا اقدامات اصلاحی و کنترلی جهت کاهش شدت ریسک ها صورت گیرد.
Moderate Area	۲۵-۴۵	نشانگر سطح متوسطی از ریسک است و در نظر گرفتن اقدامات اصلاحی و کنترلی جهت کاهش شدت ریسک ها یک ضرورت است.
High Area	۴۵-۷۰	سطح ریسک بالا می‌باشد. هرچه سریع تر با اعمال روش‌ها باید اقدامات اصلاحی و کنترلی جهت کاهش شدت ریسک‌ها اقدام شود.
Unacceptable Area	۷۰-۱۲۵	سطوح ریسک بسیار بالا بحرانی و فاجعه بار به‌شمار می‌آید. به‌طوری که ضروریست تا هنگامی‌که شرایط به طور کامل تحت کنترل قرار گیرد و سطح ریسک به سطوح پایین‌تر کاهش یابد، نسبت به منع کامل از انجام آن فرآیند و یا عملیات اقدامات لازم صورت پذیرد.

پس از محاسبه ضریب تخریب زیست محیطی (RPN)، از طریق ضرب سه پارامتر موثر، تمامی RPN ها در پنج دسته اولویت بندی می‌شوند تا بر اساس اولویت تعلق گرفته، حتی‌المقدور نسبت به سطح کنترل مورد انتظار پیامدهای ناشی از بروز ریسک‌ها آگاهی و اقدامات اساسی صورت گیرد.

تصمیم گیری در مواجهه با ریسک های ارزیابی شده

اولویت بندی سطوح ریسک معمولا با شاخص های HRN و یا RPN در ارزیابی ریسک نشان داده می‌شود. ولی در صورتی که بخواهیم اولویت سطوح اقدامات کنترلی ریسک مبتنی بر پتانسیل ذاتی و مداخلات کنترلی به‌طور هم‌زمان با ملاحظات امکانپذیری و مطلوبیت در فرایند مورد نظر اعمال گردد می‌توان از روش‌های منطق فازی، الگوریتم برنامه ریزی کیفی (از گرایش‌های IT) ،روش هر چه بزرگ‌تر - مهم‌تر (TLB) و scree-plot (دیاگرام پارتو) استفاده نمود. در این پروژه به‌دلیل امکان دسترسی به RPN قبل و بعد از پیشنهادات کنترلی و سادگی روش محاسبات و هم‌چنین دقت لازم، از شاخص TLB استفاده شده است. (Zigmund, 2004)

جدول۹: رتبه بندی امکان سنجی (F)

امتیاز	معیار :امکان انجام اقدام اصلاحی
۹-۱۰	اعتبارات کم –هزینه ها بسیار زیاد و نامعقول –موفقیت صفر –احتمال پیشامد ۱۰۰٪
۷-۸	منابع خیلی کم –هزینه ها بالا-موفقیت ضعیف –احتمال پیشامد زیاد
۵-۶	منابع مورد نیاز نسبتا کم-هزینه ها نسبتا بالا-احتمال پیشامد نسبتا وجود دارد
۴	منابع مورد نیاز متوسط در دسترس –هزینه‌ها منطقی-احتمال پیشامد متوسط
۳	منابع نسبتا در دسترس –هزینه ها کم –پیشامد کم
۲	منابع زیاد –هزینه ها کم –شانس موفقیت بالا-پیشامد ضعیف
۱	منابع خیلی زیاد –هزینه ها خیلی کم –شانس موفقیت خیلی بالا-پیشامدصفر

The larger the better= (RPN Before –RPN After)/ (Fi) =ΔRPN/Fi

RPN Before = نمره اولویت ریسک قبل از اقدام اصلاحی

RPN After = نمره اولویت ریسک پس از اقدام اصلاحی

RPNΔ = تفاوت نمره ریسک قبل و بعد از اصلاح و اقدام کنترلی

Fi = معیار امکان اقدام اصلاحی از ۱۰-۱ متغیر است.

برآورد ریسک کل درفضاهای آزمایشگاهی Total Risk Estimation (TRE)

با کمک این شاخص ضمن برآورد ریسک نسبی در هر آزمایشگاه امکان مقایسه پتانسل ریسک ناشی از مخاطرات شناسایی شده بین آزمایشگاه‌ها، فراهم می‌شود. (Zigmund, 2005)

$$Total\ Risk\ Estimatin = \frac{\sum_{i=1}^{n} RPNi}{n \times MRN} \times 100\%.$$

RPNi= نمره اولویت ریسک در هر مخاطره (علت) ممکن

n= تعداد مخاطره (علت) در هر پروژه یا آزمایشگاه

MRN= حداکثر نمره ممکن در محاسبه ریسک.

یافته ها

مقایسه سطوح ریسک مربوط به مخاطرات بهداشت و ایمنی و محیط زیست به تفکیک سطوح ریسک قبل و بعد از اقدامات اصلاحی و هم‌چنین ضریب کاهش ریسک به تفکیک هر فضای تحقیقاتی در جدول ۱۰ آمده است. مقایسه نتایج ریسک فضاهای آزمایشگاهی نشان می‌دهد که حداکثر و حداقل ضریب تخریب، آسیب و جراحت ممکن به انسان، فرایند و محیط کار به ترتیب به سایت‌های شماره ۹و ۱ مربوط می‌شود. شکل ۱ نیز بیانگر توصیف ذکر شده است.

مقایسه ریسک برآورد شده کل به تفکیک بهداشت، ایمنی و محیط زیست قبل و بعد از اقدامات اصلاحی و تفاوت معنی‌دار بین‌اقدام مداخله‌ای در جدول ۱۱ آمده است. هم‌چنین وجود ریسک‌های باقی مانده در شکل ۲ بخوبی بیانگر پتانسیل ماند برخی مخاطرات ذاتی و محیطی در سایت‌های آزمایشگاهی است.

آنالیز و ارزیابی اولویت‌های کنترلی به تفکیک اقدامات مهندسی و مدیریتی در سایت‌های آزمایشگاهی با دو محور بهداشت-ایمنی و محیط زیست و نیز مقایسه سطوح - ریسک کل مربوط به مخاطرات و جنبه‌های زیست محیطی در هر یک از فضای آزمایشگاهی را قبل و بعد از اقدامات کنترلی به‌ترتیب در جدول ۳ و شکل ۳ آورده شده است.

جدول۱۰: مقایسه سطوح ریسک (قبل و بعد از اقدامات اصلاحی) به همراه ضریب کاهش ریسک در هر آزمایشگاه تحقیقاتی

Laboratory field	Mitigation effort	Risk levels (%)							Initial risk	Residual risk	Mitigated risk %
		Negligible	low	moderate	substantial	High	Very high	Unacceptable			
1	Before	8	11	17	47	15	0	2	92	---	69
	After	77	15	0	6	0	2	0	---	23	
2	Before	0	3	32	58	7	0	0	100	---	38
	After	38	16	32	14	0	0	0	---	62	
3	Before	1	5	30	37	26	1	0	99	---	83
	After 1	84	6	1	9	0	0	0	---	16	
4	Before	2	9	8	44	27	8	2	98	---	57
	After	59	33	2	0	6	0	0	---	41	
5	Before	2	10	2	42	42	2	0	98	---	54
	After	56	25	12	0	0	7	0	---	44	
6	Before	6	12	24	45	10	3	0	94	---	44
	After	50	14	19	17	0	0	0	---	50	
7	Before	3	12	16	37	30	2	0	97	---	75
	After	78	14	2	6	0	0	0	---	22	
8	Before	1	10	12	39	30	5	0	99	---	86
	After	87	7	2	3	1	0	0	---	13	
9	Before	2	10	9	33	36	8	2	98	---	81
	After	83	10	2	4	1	0	0	---	17	

جدول ۱۱: مقایسه ریسک برآورد شده کل قبل و بعد از اقدامات اصلاحی به تفکیک بهداشت - ایمنی و محیط زیست

Laboratory field	Total Risk Estimation			
	Occupational safety and health		Environment	
	Before mitigation effort	After mitigation effort	Before mitigation effort	After mitigation effort
1	6.85	2.00	22.08	4.80
2	8.55	1.80	15.80	4.80
3	10.06	1.00	13.44	5.10
4	12.89	0.90	20.90	6.30
5	14.80	0.80	14.48	6.10
6	15.55	2.00	14.7	5.10
7	16.38	4.70	13.44	5.10
8	19.82	0.70	17.76	4.60
9	21.11	0.90	18	5.92
Mean	14	1.64	16.73	5.31
SD	4.8	1.26	3.1	0.62
Paired -T Test	Sig<0.0001		Sig<0.0001	

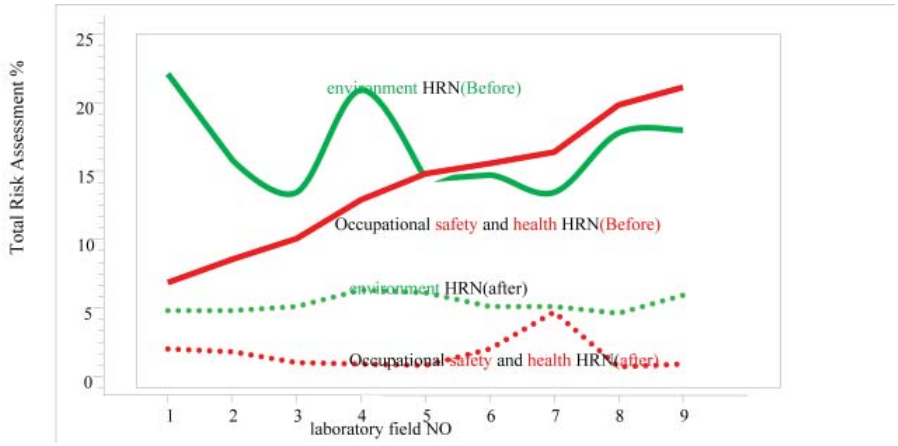
بحث

نتایج وضعیت ریسک به تفکیک ۵ سطح مختلف با دو وضعیت قبل و بعد از تلاش به‌منظور کاهش ریسک در ۹ فضای آزمایشگاهی در جدول شماره ۱۰ آمده است. نتایج نشان می دهد که پس از اقدامات اصلاحی، پتانسیل خطرات احتمالی HSE (سطوح ریسک) در سه سطح Unacceptable، High، Very high به سطوح substantial و پایین تر انتقال یافته است.

نتایج آنالیز ریسک بیانگر حداکثر کاهش ریسک در فضای آزمایشگاهی شماره ۸ (۸۶%) و حداقل ریسک کاهش یافته در فضای تحقیقاتی شماره ۲ (۳۸%) می‌باشد. بررسی علل احتمالی پیدایش و بالفعل شدن مخاطرات HSE در فضای شماره ۸نشان میدهد که در این سایت مخاطراتی همچون سقوط به داخل حوضچه آب، سقوط از پله، برق گرفتگی، فقدان نظم و ربط در محیط آزمایشگاه عمده تهدیدها و مخاطرات فرایندی-انسانی و زیست

جدول ۱۲: آنالیز و ارزیابی اولویت‌های کنترلی به تفکیک اقدامات مهندسی و مدیریتی در سایت‌های آزمایشگاهی با دومحور بهداشت- ایمنی و محیط زیست

Laboratory field	Priority of act					
	Occupational safety and health			Environment		
	Risk priority numerals	Administrative methods numbers	Engineering methods numbers	Risk priority numerals	Administrative methods numbers	Engineering methods numbers
1	85	19	66	5	1	4
2	101	26	75	5	1	4
3	41	11	30	5	2	3
4	66	16	50	11	4	7
5	130	50	80	27	0	27
6	47	22	25	6	2	4
7	40	10	30	5	4	1
8	97	40	57	13	1	12
9	92	32	60	9	1	8
sum	699	226	473	86	16	70
Ratio(%)	100	32.3	67.7	100	18.6	81.4

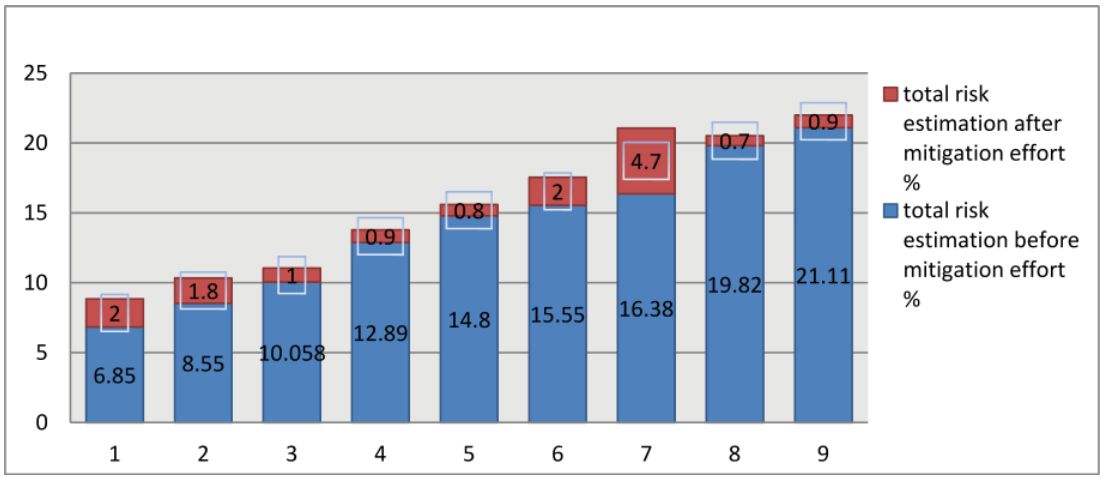


شکل ۱: مقایسه سطوح ریسک کل به تفکیک جبنه های بهداشتی-ایمنی و زیست محیطی قبل و بعد از اقدامات کنترلی

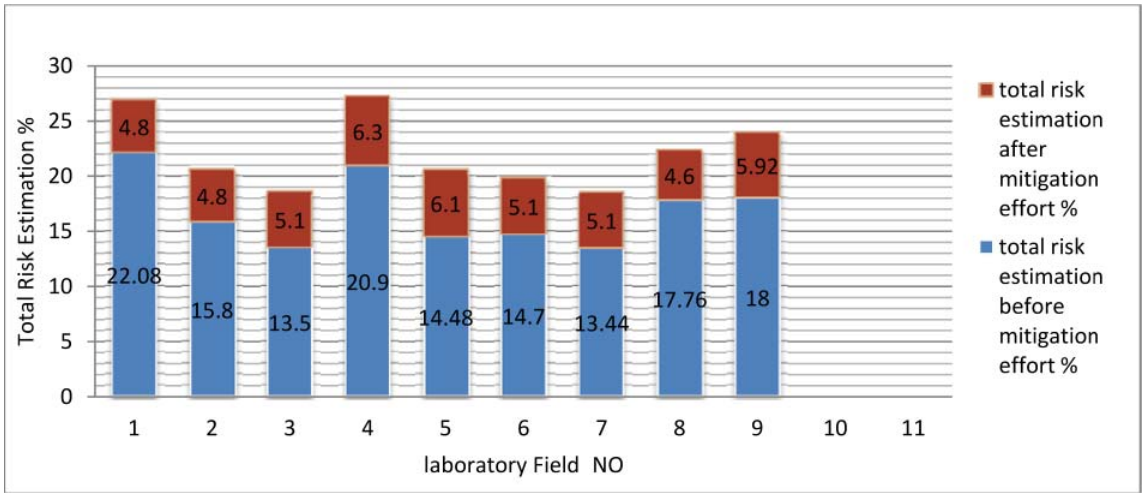
محیطی از نوع مدیریتی می‌باشند که با کمک آموزش، تهیه و تدوین دستورالعمل کار در محیط کار و تغییر در ساختار و فرآیند کار نسبت به اصلاح و رفع مغایرت‌ها اقدام شده است. لذا می‌توان گفت به دلیل نوع اقدام اجرایی و مدیریتی از حداکثر ضریب کاهش ریسک برخوردار می‌باشد .

در آزمایشگاه شماره ۲ به دلیل نوع پتانسیل‌های خطر که عمدتا از نوع طراحی ناایمن دستگاه‌های تست، فرایند ناایمن، دستگاه‌های بالابر و فقدان حفاظ که در گروه کنترل های فنی و مهندسی می باشند به دلیل پیچیدگی و هزینه بالا جهت رفع مغایرت‌ها، اقدامات اصلاحی با کمک امکانات در دسترس حداقل ضریب کاهش ریسک ۳۸ % فراهم شده و ۶۲% از ریسک‌های اولیه در این سایت باقی‌مانده است.

هم‌چنین نتایج جدول شماره ده تفاوت % Residual risk با Initial risk متوسط حسابی Mitigated risk % را معادل (۶۵%) بعنوان کاهش و تخفیف ریسک‌های بهداشتی، ایمنی و زیست محیطی نشان می‌دهد. از طرفی ریسک‌های باقی‌مانده مربوط به امور بهداشت، ایمنی و محیط



شکل ۲ : مقایسه سطوح ریسک کل مربوط به مخاطرات بهداشت و ایمنی را قبل و بعد از اقدامات اصلاحی نشان می‌دهد.
(مقایسه نتایج ریسک فضاهای آزمایشگاهی بیان می کند که حداکثر و حداقل ضریب تخریب، آسیب و جراحت ممکن به انسان ،فرایند و محیط کار به‌ترتیب به سایت‌های شماره ۹و ۱ مربوط می شود)



شکل ۳ : قایسه سطوح- ریسک کل مربوط به مخاطرات و جنبه‌های زیست محیطی در هر یک از فضای آزمایشگاهی را قبل و بعد از اقدامات کنترلی نشان می‌دهد. (مقایسه نتایج ریسک فضاهای آزمایشگاهی نشان می‌دهد که حداکثر و حداقل ضریب تخریب زیست محیطی به ترتیب مربوط به فضاهای آزمایشگاهی شماره ۱و۷ می‌باشد)

زیست به طور متوسط معادل ۳۲% کل ریسک‌های اولیه و ذاتی (علاوه بر ۳% ریسک که قابل اغماض می‌باشد) تحت عنوان ریسک‌های باقی‌مانده در مجتمع‌های تحقیقاتی برآورد شده است.

نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد که قبل و بعد از اعمال اقدامات کنترلی به تفکیک معیارهای بهداشت- ایمنی و محیط زیست در ۹ سایت آزمایشگاهی با سطح اطمینان ۹۵ درصد،

بین متوسط سطوح ریسک تفاوت معنی‌دار (P value=0.0001) وجود دارد. این تفاوت به دلیل همگرایی و هم افزایی اقدامات مهندسی و مدیریتی موثر در اصلاح مغایرتهای HSE سایتها و همچنین مشارکت فعال کارشناسان و محققان به‌عنوان کمیته های تخصصی HSE در اعمال اصلاحات و نتیجتا کاهش موثر و قابل توجه ریسک‌های ذاتی می‌باشد. از طرفی نتایج سطوح ریسک در هردو ستون مربوط به After mitigation effort (جدول ۱۱) در زمینه بهداشت و ایمنی و امور زیست‌محیطی در محدوده قابل قبول قرار گرفته است (مطابق جداول شماره ۵ و ۸). بنابراین می‌توان گفت علل احتمالی آسیب و جراحات انسانی علاوه بر مولفه‌های آسیب و تخریب فرایندی و زیست‌محیطی، ضمن شناسایی، کنترل شده است. از طرفی می‌توان پایین بودن سطوح شاخص میانگین و پراکندگی ریسک‌های باقی‌مانده را پس از اقدامات کنترلی، موید تمرکز و هم‌گرایی موثر اقدامات کنترلی در این پروژه بیان نمود .

نتایج شکل شماره ۱ مقایسه سطوح ریسک قبل و بعد از اقدامات کنترلی و اصلاحی را به تفکیک سایت‌های آزمایشگاهی نمایش می دهد .نتایج قبل از اقدام اصلاحی بیانگر حداکثر و حداقل ضریب آسیب و جراحات انسانی و فرایندی (بهداشتی و ایمنی) به‌ترتیب در سایت‌های ۱و۹ و نیز ضریب تخریب زیست محیطی به‌ترتیب در سایت‌های ۱و ۴ (حداکثرسطح ریسک) و ۳ و ۷ (حداقل سطح ریسک) می باشد.

فراوانی دستگاه‌های تحقیقاتی، تنوع و متغیر تست‌های تحقیقاتی و تعداد زیاد محققان در طول شیفت‌های کاری را می‌توان مهم‌ترین علل بالا بودن ضریب تخریب انسانی- فرایندی و شغلی در سایت شماره ۹ به‌حساب می‌آید. طولانی بودن دوره تست‌ها و محدود بودن تعداد آزمایشات در هر فصل از عوامل موثر در پایین بودن سطح ضریب تخریب بهداشت و ایمنی در سایت شماره ۱ می‌باشند.

بیش‌ترین ریسک باقی‌مانده بهداشتی و ایمنی (شکل ۱و۲) به‌دلیل تنوع در مصرف مواد در مقیاس نانو و هم‌چنین مواد سرطان‌زای A1, A2 مورد استفاده در پروژه های مختلف درسایت تحقیقاتی شماره ۷ و معادل ۴,۷ می‌باشد. در تایید این موضوع، نتایج تحقیق آقای Sayre Ph و همکاران بر ریسک ماندگار ناشی از سمیت و افزایش سطح بسیار بالای ذرات مواد نانو به‌عنوان فاکتورهای اصلی در ریسک نسبی بهداشتی آمده است (Sayre, ph 2001).

در بخش محیط زیست سایت‌های شماره ۱و۴ به دلیل بالابودن میزان تولید پسماندهای ویژه، گستره وسیع‌تر پراکنش آلودگی هوا و پساب و از طرفی فقدان تجهیزات تصفیه هوا و فاضلاب با پتانسیل حداکثر ضریب تخریب زیست محیطی و سایتهای شماره ۳و ۷ به‌دلیل نوع کاربری (سایت کامپیوتر و سایت مطالعات کتابخانه‌ای دانشجویان) با حداقل ضریب تخریب احتمالی زیست محیطی ارزیابی شده است. هم‌چنین بیش‌ترین ریسک باقی‌مانده زیست محیطی پس از اقدامات اصلاحی مربوط به سایت شماره ۴ به‌دلیل تخلیه طیف وسعیی از مواد شیمیایی و نفتی و فقدان عملکرد سیستم‌های پایش و کنترل پساب در خروجی این سایت می‌باشد. (شکل ۱و ۳). نتایج آخرین

یافته‌های محققان در زمینه ضعف در قابلیت سیستم‌های مدیریت پسماندها شامل جداسازی، حمل، تصفیه و دفع می‌تواند بیانگر بالا بودن ریسک‌های باقی‌مانده در سایت‌های تحقیقاتی با مصرف مواد شیمیایی پیچیده همراه با تخلیه کنترل نشده پسماندها در محیط زیست باشد.

بررسی و ارزیابی اقدامات کنترلی و اصلاحی به تفکیک روش‌های مهندسی و مدیریتی درجدول ۱۲ نشان می‌دهد سایت‌هایی که از دستگاه‌ها و تجهیزات پیچیده فرایندی همراه با مواد مخاطره زا و سمی استفاده می‌کنند، عوامل و فاکتورهای ریسک بیش‌تر و شدیدتری به خود اختصاص داده اند (همانند سایت‌های ۲و۵و۹و۸) براین اساس با کمک شاخص The Larger the Better (TLB) در برنامه مدیریت ریسک اقدامات حفاظتی و کنترلی بیش‌تری اولویت‌بندی و مورد استفاده قرار گرفته است. هم‌چنین با دقت بیشتر میتوان علت افزایش اقدامات بهداشتی و ایمنی (۶۹۹ مورد) در مقایسه با اقدامات زیست محیطی (۸۶ مورد) در سایتهای تحقیقاتی را درشناسایی و تمرکز بیش‌تر روی علل و عوامل مخاطره‌زای بهداشتی-ایمنی و فرایندی در مقایسه با جنبه‌های زیست محیطی در این تحقیق بیان نمود.

از طرفی بررسی اولویت‌های کنترلی در زمینه بهداشت، ایمنی و محیط زیست بر حسب اقدامات مهندسی در مقایسه با مدیریتی، افزایش نسبتا قابل توجهی نشان می‌دهند. در هر دو موضوع بهداشت-ایمنی و محیط زیست علت افزایش اقدامات مهندسی را می‌توان تعداد و تنوع ماشین آلات با عمرکاری بالا (دستگاه‌های پرس-CNC-بالابرها و...) و هم‌چنین تجهیز نبودن برخی دستگاه‌ها به حداقل اجزای حفاظتی اولیه (اره بدون حفاظ-نقص در سیستم اره و...) بیان نمود. از طرفی بالا بودن سطح آگاهی، نظم و ربط در محیط تحقیق و آموزشهای دوره‌ای از جمله مهم‌ترین عواملی هستند که اولویت‌های مدیریتی را با فراوانی کم‌تر نشان می‌دهند. در یک مطالعه میدانی با موضوع ارزیابی ریسک بهداشتی در فیلد آزمایشگاهی، پتانسیل مواجهه با مواد شیمیایی، عدم آموزش ونقص در مهارت دانشجویان به‌ویژه در حمل و نقل ایمن مواد مهم‌ترین علل بالا بودن ریسک نسبی محققان در محیط کار بیان شده است. در حالی‌که در تحقیق حاضر ضمن ارزیابی ریسک کل بهداشت، ایمنی و محیط زیست «نه فقط فاکتورهای ریسک بهداشتی» نسبت به تعیین اولویت‌های اقدامات کنترلی با شاخص TLB اقدام شده است. اگرچه باید گفت که در هر دو تحقیق بر کنترل عوامل مخاطره زا به ترتیب در منبع تولید، گیرنده عامل خطر و محیط کار تاکید شده است (Musee, 2010).

نتیجه گیری

۱. اولین نتیجه عملی و اصلی یک برنامه ارزیابی ریسک، تعیین «ضریب ریسک» به تفکیک علل پنهان و آشکار پتانسیل‌های خطر در وضعیت و شرایط کاری و فرایندی می‌باشد.

۲. در هر فضای آزمایشگاهی، پس از شناسایی کلیه مخاطرات و علت‌های مربوطه، محاسبه روشمند RPN، اولویت اقدامات کنترلی به تفکیک امور بهداشت - ایمنی و محیط زیست محاسبه شده که یک معیار قضاوت اولیه محسوب می‌شود.

۳. در این تحقیق شانس موفقیت در کاهش RPN ها (کاهش احتمال بروز برخوردها ی ناخواسته

روی افراد ،سیستم ، فرایند و محصول) به عنوان نتیجه یک اقدام اصلاحی و اولویت آن در هر فضای آزمایشگاهی با شاخص TLB محاسبه و ارزیابی شده است. نسبت محاسبه شده LTB به معنی (بزرگ‌تر، مهم‌تر) به این مفهوم است که اقدامات اصلاحی قابل انجام و ممکن به نسبت‌های بزرگ‌تر TLB اختصاص داده شده است که این یک روش جایگزین برای ارزیابی و انجام اقدام بر اساس شاخص RPN می‌باشد.

۴. مقایسه بین سطوح ریسک به تفکیک علل مربوطه نشان می‌دهد که اولویت اقدامات اصلاحی، به‌ترتیب تابع مولفه‌های کاهش شدت (تغییر در طراحی)، کاهش احتمال وقوع (تغییر در طراحی هم‌زمان با آموزش) و در نهایت کاهش تکرار مواجهه (برنامه‌ریزی در کاهش افراد در معرض) و کاهش زمان مواجهه می‌باشد.

۵. روش ISO 14121 در پروژه های مدیریت ریسک می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مفید تحقیقاتی و اجرایی به‌منظور پیشگیری از حوادث و خسارات احتمالی به‌ویژه در سایت‌های آزمایشگاهی و تحقیقاتی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1. Refaul, F.; Faisal, K.;Rehan, S.;Paul, A.; Brian, V., (2011) ‘Fault and Event Tree Analyses for Process Systems Risk Analysis: Uncertainty Handling Formulations, Risk Analysis, Vol. 31, No. 1, pp 86-107.
2. Olsson, R. .(2007) ’In search of opportunity management: Is the risk management process enough? International Journal of Project Management,vol. 25,pp 745–752.
3. Hillson, D., (2004) ‘Effective opportunity management for projects – exploiting positive risk. New York: Marcel Dekker.
4. EPA ,HUMAN Health Risk Assessment(2006)
5. Sayre ph .,(2001) ‘Nanomaterial Risk Assessment and Management Experiences Related to Worker Health Under the Toxic Substances Control Act,JOEM _ Volume 53.
6. Musee, N.,(2010) Nanotechnology risk assessment from a waste management perspective: Are the current tools adequate? Human and Experimental Toxicology, , 30(8) PP 820–835.
7. Maazza, Y.,(2008) ’ Risk assessment of hazardous chemicals case study chemistry researches laboratory of USM ,M.S Thesis .2008.
8. EPA, (1997) National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development ,Exposure factor hand book.
9. ISO 14121-1 (2007) Safety of machinery -Risk assessment - Part 1)Principles(
10. Yarahmadi, R., (2008) ‘HAZID Project in Faculty engineering TMU (in Persian)
11. CDC,NIOSH, (2006) School Chemistry Laboratory Safety Guide.
12. Michael, A., (2007) ‘ Cumulative Risk Assessment Is the Answer, What Is the Question? 1U.S. Environmental Protection Agency, Region 6, Dallas, Texas, USA; University of Texas School of Public Health, Environmental Health Perspectives Volume 115, Number 5.
13. Thomas A. Tippett, D., (2004) ‘ Project Risk Management Using the Project Risk FMEA Engineering Management, Journal. Vol. 16 No.4.
14. USEPA, (1997) Guidance on Cumulative Risk Assessment. Part 1. Planning and

Scoping. Science Policy Council U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC 20460 .

15. Danielson, M. and Gunnarsson, S. A., (2001) ‘ Guideline for Implementation of Environment Failure Mode and Effect Analysis Method, Marmarit Publish. Sofia, Bulgaria.
16. Goyal, R.K., (1993) “FMEA, the Alternative Process Hazard Method”, Hydrocarbon Processing, PP. 95-99.
17. Bluvband, Z. Grabov,P., (2004). Expanded FMEA (EFMEA), Oren Nakar, MOTOROLA Israel Ltd., Tel-Aviv .
18. Zigmund B., (2005) ’Falure analysis of FMEA,ALD Ltd.