

## شناسایی و مدیریت ریسک های HSE در آزمایشگاه به روش FMEA (نمونه موردی): آزمایشگاه شیمی دانشگاه نجف آباد

ندا احمدی بلوطکی<sup>۱</sup>، نسترن ملازاده<sup>۲\*</sup>

۱- گروه مدیریت محیط زیست-ایمنی، بهداشت و محیط زیست، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

۲- مرکز تحقیقات محیط زیست انسانی و توسعه پایدار، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

\*ایمیل نویسنده مسئول: nastaran.mollazadeh@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۹

### چکیده

هدف پژوهش شناسایی و مدیریت ریسک های HSE در آزمایشگاه شیمی دانشگاه نجف آباد است. ابتدا با استفاده از روش دلفی به شناسایی ریسک در آزمایشگاه پرداخته شد. یک تیم اجرا و نظارت بر انجام دلفی تشکیل گردید که این تیم متشکل از ده نفر متخصصان هستند. سپس تمامی شاخص های مورد استفاده با استناد به مطالعه ادبیات و پژوهش های صورت گرفته در این زمینه جمع آوری شده و پرسشنامه اولیه تنظیم گردید. این مخرب بر سلامت شناسایی شدند. تجزیه کیفی برخی از آیون ها در جایگاه دوم و آنالیز عنصری در جایگاه سوم قرار گرفتند. تجزیه کیفی برخی از پرسشنامه جهت بررسی برای خبرگان ارسال شده تا به سوالات بر اساس اهمیتشان پاسخ داده شود. سپس به تجزیه و تحلیل پاسخ های رسیده در دوره اول پرداخته شد. در این دور شاخص هایی که در دور اول امتیاز را کسب نکرده اند، حذف شدند. سپس پرسشنامه جدید به همراه شاخص های پیشنهادی برای افراد ارسال شد. پس از جمع آوری دور اول پرسشنامه ها، دور دوم پرسشنامه ها توزیع شده و شاخص های خروجی دور اول مورد بررسی قرار گرفت. این عمل بار دیگر در دور سوم تکرار شده و در نهایت ریسک های HSE در آزمایشگاه شیمی دانشگاه نجف آباد انتخاب شد. سپس با روش FMEA به تجزیه و تحلیل ریسک های شناسایی شده، اقدام گردید. بر اساس نتایج، تست یدوفرم و سنتز دی بنزال استون پرخطرترین فعالیت ها از نظر تاثیرات آیون ها مهم ترین ریسک از لحاظ مخاطرات ایمنی شناخته شد. سنتز دی بنزال استون در جایگاه دوم و پرمگانومتری بعنوان سومین ریسک پرخطر در این دسته شناخته شدند. سنتز آدیپک اسید در جایگاه دوم و تجزیه کاتیون های گروه V در جایگاه سوم بعنوان مهم ترین ریسک ها از لحاظ مخاطرات زیست محیطی پس از سنتز متیل سالیسیلات شناخته شدند. سنتز متیل سالیسیلات مهم ترین ریسک در هر سه بعد مخاطرات ایمنی، بهداشت، محیط زیست شناخته شد.

**کلیدواژه:** "ریسک بهداشت"، "ایمنی"، "محیط زیست"، "آزمایشگاه"، "روش FMEA".

### ۱. مقدمه

سانحه انفجار کپسول اطفاء حریق در آزمایشگاه دانشگاه تربیت مدرس تهران اشاره کرد [۲]؛ با توجه به مطالب ذکر شده استقرار سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست در محیط آزمایشگاه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. استقرار سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست در سازمان ها، شرکت ها و صنایع کوچک و بزرگ در جهان همواره بر اساس یکسری خطوط راهنما انجام گرفته که معمولاً، از ساختار مشابهی برخوردارند. در دنیای پرقابله امروز بسیاری از شرکت ها پی برده اند باید مدیریت HSE را جزء جدایی ناپذیر و ضروری سازمان خود قرار داده و به آن ها همان قدر اهمیت و بها دهند که به دیگر مدیریت های سازمان ها می دهند. هدف نهایی در سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست محافظت از افراد جامعه، اموال و محیط زیست می باشد. پیشگیری از بروز صدمات و حوادث بهداشتی، ایمنی و محیط زیست در راستای توسعه پایدار و افزایش بهره وری با در نظر گرفتن سلامت و ایمنی کارکنان، مشتریان، پیمانکاران و دیگر افراد مستلزم وجود ساختار سیستم مدیریت بهداشت،

در آزمایشگاه دانشگاه با توجه به تنوع رشته های آموزشی، دانشجویان و پژوهشگران عملیات متنوع آزمایشگاهی انجام می دهند. به دلیل ماهیت آزمایشگاه های آموزشی امکان مواجهه با عوامل مختلف زیان آور شیمیایی، بیولوژیکی و ایمنی وجود دارد. مهم ترین آسیب های ناشی از این عوامل شامل سوختگی و خوردگی ناشی از سود و اسیدها، آسیب های تنفسی ناشی از استنشاق گازهای و سموم، عوارض کبدی، کلیوی، سیستم اعصاب مرکزی و سرطان در اثر مسمومیت ناشی از فلزات سنگین و حلال های آلی، آلودگی های عفونی که می تواند توسط میکروارگانیسم ها مانند باکتری ها، ویروس ها، انگل ها و قارچ ها به انسان منتقل گردد و آتش سوزی و برق گرفتگی گزارش شده است. پسماندهای آزمایشگاهی به دلیل داشتن خصوصیات سمیت، خوردگی، قابلیت اشتعال و مواد واکنش دهنده در دسته پسماندهای خطرناک قرار می گیرند [۱]. مطالعات نشان می دهد امکان وقوع حوادث شغلی در آزمایشگاه ها زیاد است. به عنوان مثال می توان به

بهداشت محیط پیرامون سازمان را دربرمی گیرد و بهداشت حرفه‌ای نیز شامل یک سری آنالیزهای شغلی می‌شود.

- **ایمنی:** در هر سازمان، یک سری مخاطرات ایمنی وجود دارد که در صورت عدم رفع آن مغایرت‌ها ممکن است منجر به حوادثی شود. در زمینه ایمنی در سازمان، مسائل گسترده‌ای مطرح می‌شود که خود شامل چند دسته است. دسته اول مربوط به ایمنی در عملیات می‌باشد که خود شامل کار در ارتفاع، جوشکاری و برشکاری، ایمنی تجهیزات و ماشین‌آلات و... می‌باشد. دسته دوم مربوط به ایمنی در سازمان است که شامل ایمنی انبار، مدیریت حریق، محصورسازی، علائم هشداردهنده و... می‌باشد. و دسته سوم شامل ایمنی اشخاص در سازمان می‌باشد که شامل حذف یا کاهش مخاطرات و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی است.

- **محیط زیست:** محیط زیست، محیطی است شامل هوا، آب، خاک، منابع طبیعی، گیاهان، جانوران، انسان‌ها و روابط متقابل بین آن‌ها که سازمان در آن فعالیت می‌نماید. محیط می‌تواند از درون یک سازمان تا سیستم محلی، منطقه‌ای و جهانی گسترش یابد. لازم به ذکر است فعالیت‌های سازمان دارای جنبه‌های محیط زیستی می‌باشد که می‌تواند با محیط زیست تأثیر متقابل داشته باشد.

## ۲,۲ تاریخچه HSE

بهداشت و ایمنی از سال ۱۸۸۵ میلادی باهم مطرح شده اند و هر جا که ایمنی مطرح شده است؛ سخن از بهداشت و محیط نیز به میان آمده است. مباحث ایمنی بعد از انقلاب صنعتی به دلایل افزایش آمار مرگ‌ومیر کارگران مطرح گردید. مسائل محیط زیست نیز بعد از انقلاب صنعتی به وجود آمد و به شکل حادی مطرح گردید. همچنین به دلیل شرایط و سنگینی کار در معادن زغال سنگ و افزایش بیماری‌های ناشی از کار در میان کارگران، بحث بهداشت نیز مطرح گردید و در گام بعدی ارتباط بین بیماری و وقوع حادثه کشف گردید [۷]. وقتی کارگری بیمار شود؛ حادثه می‌آفریند یا اینکه دچار حادثه می‌شود، با افزایش بیماری‌ها نیز حوادث افزایش می‌یابد و این‌ها به گونه‌ای به یکدیگر متصل هستند. به جهت اهمیت این موضوع می‌بینیم که در قانون کار آمریکا که در سال ۱۹۷۰ تصویب شده است؛ بخشی گنجانده شده است که بر حق کارکنان و کارگران نسبت به شناخت خطرات و مشکلات محیط کارشان تصریح دارد. این مسئله یکی از حقوق کارکنان است و باید توسط کارفرمایان به آگاهی آنان برسد تا بدانند در چه محیطی کار کنند و در این صورت موضوع تعهد که از الزامات HSE است در او ایجاد می‌شود و می‌تواند به عنوان یک همکار و همراه به کارکنان کمک کند. که این قانون به عنوان ارگونومی HSE مطرح است [۸]. لذا به طور کلی می‌توان گفت که واژه ایمنی مترادف با امنیت هست به عبارتی امنیت هر موسسه و محیط کاری و حتی هر کشوری، درگرو ایمنی و رعایت مسائل و تکنیک‌های کاربردی و عملی مربوط به آن می‌باشد. لذا اگر بخواهیم محیط امنی در محل کار خود و حتی در کشور خود به وجود بیاوریم و نیروی انسانی در آن احساس امنیت کند و تجهیزات، ساختمان‌ها و امکانات به بهترین شکل مورد استفاده قرار بگیرند، باید محیط ما ایمن باشد [۹].

ایمنی و محیط زیست است [۳]. سیستم مدیریت HSE یک ابزار مدیریتی برای کنترل و بهبود عملکرد بهداشت، ایمنی و محیط زیست در همه برنامه‌های توسعه و پروژه‌های صنعتی یا تشکیلات سازمانی بوده است، با ایجاد بستر فرهنگی خلاق و نگرشی نو و سیستماتیک در راستای توسعه پایدار و کرامت انسان، به طور یکپارچه و با همگرایی و چیدمان هم‌افزای نیروهای انسانی و امکانات و تجهیزات و با استفاده از سیستم آموزش کارآمد، ممیزی‌های دوره‌ای، ارزیابی و بهبود مستمر، موجب به حداقل رساندن اثرات نامطلوب صنعت بر محیط و افزایش اثرات مطلوب آن از طریق تأمین ایمنی همه‌جانبه کلیه کارکنان و همکاران سازمان، تجهیزات و تأسیسات و به صفر رساندن حوادث و آسیب‌های ناشی از کار از طریق کنترل یا حذف شرایط ناایمن و ارتقاء سطح سلامت افراد از طریق اعمال راهکارهای کنترلی مدیریتی، مهندسی و اجرایی در کلیه سطوح سازمان و همچنین صیانت از محیط زیست به عنوان سرمایه بشریت می‌گردد [۴].

## ۲. مبانی و ادبیات نظری تحقیق

### ۱,۲ سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست

(HSE)

استقرار سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست در سازمان‌ها، شرکت‌ها و صنایع کوچک و بزرگ در جهان همواره بر اساس یکسری خطوط راهنما انجام گرفته که معمولاً، از ساختار مشابهی برخوردارند. در دنیای پرقاب‌ت امروز بسیاری از شرکت‌ها پی برده‌اند باید مدیریت HSE را جزء جدایی‌ناپذیر و ضروری سازمان خود قرار داده و به آن‌ها همان قدر اهمیت و بها دهند که به دیگر مدیریت‌های سازمان‌ها می‌دهند. هدف نهایی در سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست محافظت از افراد جامعه، اموال و محیط زیست می‌باشد. پیشگیری از بروز صدمات و حوادث بهداشتی، ایمنی و محیط زیست در راستای توسعه پایدار و افزایش بهره‌وری با در نظر گرفتن سلامت و ایمنی کارکنان، مشتریان، پیمانکاران و دیگر افراد مستلزم وجود ساختار سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست است [۵]. سیستم مدیریت HSE یک ابزار مدیریتی برای کنترل و بهبود عملکرد بهداشت، ایمنی و محیط زیست در همه برنامه‌های توسعه و پروژه‌های صنعتی یا تشکیلات سازمانی بوده است، با ایجاد بستر فرهنگی خلاق و نگرشی نو و سیستماتیک در راستای توسعه پایدار و کرامت انسان، به طور یکپارچه و با همگرایی و چیدمان هم‌افزای نیروهای انسانی و امکانات و تجهیزات و با استفاده از سیستم آموزش کارآمد، ممیزی‌های دوره‌ای، ارزیابی و بهبود مستمر، موجب به حداقل رساندن اثرات نامطلوب صنعت بر محیط و افزایش اثرات مطلوب آن از طریق تأمین ایمنی همه‌جانبه کلیه کارکنان و همکاران سازمان، تجهیزات و تأسیسات و به صفر رساندن حوادث و آسیب‌های ناشی از کار از طریق کنترل یا حذف شرایط ناایمن و ارتقاء سطح سلامت افراد از طریق اعمال راهکارهای کنترلی مدیریتی، مهندسی و اجرایی در کلیه سطوح سازمان و همچنین صیانت از محیط زیست به عنوان سرمایه بشریت می‌گردد [۶].

- **بهداشت:** در سازمان، موضوع بهداشت که شامل بهداشت عمومی (فردی) بهداشت محیط و بهداشت حرفه‌ای می‌شود حائز اهمیت است. بهداشت فردی به سلامت مجموعه افراد مربوط می‌شود و

### ۳. پیشینه تحقیق

کانگ و همکاران [۱۰] در پژوهشی با عنوان بهبود ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست با ترکیب نقشه‌های شناختی فازی و تجزیه و تحلیل درجه بستگان را مورد مطالعه قرار داده‌اند. در ابتدا، نقشه‌های شناختی فازی (FCM) برای نشان دادن اثرات مستقیم و غیرمستقیم عناصر HSE-MS در شاخص‌های عملکرد سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد و نتایج FCM برای ایجاد عوامل پیشگیرانه برای تصمیم‌گیری در یک سیستم مدیریت فشرده استفاده می‌شود. سپس توزیع وزن از FCM با تجزیه و تحلیل درجه‌بندی نسبی (RDA) اصلاح می‌شود که هدف آن ترکیب مزایای روش‌های کمی و کیفی مبتنی بر دانش است. در نهایت سطح عملکرد HSE-MS به دست می‌آید و تجزیه و تحلیل می‌شود. کل چارچوب ارزیابی عملکرد ارتباطات بالقوه عناصر ارزیابی و همچنین نظرات متخصص را نشان می‌دهد که باعث افزایش معقول بودن ارزیابی عملکرد HSE-MS می‌شود. زابلی و همکاران [۱۱] به ارزیابی مدیریت ریسک در بخش‌های منتخب بیمارستان تهران پرداختند نتایج حاکی از آن است توجه مدیران بیمارستان به موقعیت مدیریت ریسک برای توسعه کیفیت درمان و ایجاد یک محیط امن برای کارکنان و بیماران ضروری است. اتخاذ سیاستها و برنامه ریزی برای آموزش و نظارت بر فعالیت‌های مدیریت ریسک در بیمارستان‌ها باید به طور جدی دنبال گردد. جوزی و مجید [۱۲] به ارزیابی ریسک ایمنی، سلامت و زیست محیطی در مجتمع تولید فولاد در ایران به روش TOPSIS پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده، عملیات کوره در روند نورد گرم با نمره ۱، پساب حاصل از روند نورد گرم با نمره ۰،۵۶۵، دفع زباله‌ها در محوطه گیاهی با نمره ۰،۳۳۵، به ترتیب بالاترین اولویت خود را از لحاظ آلودگی هوا، آب، خاک و آلودگی صوتی به خود اختصاص داده‌اند. از لحاظ زیستگاه، پوشش زمین، محیط اجتماعی و اقتصادی و فرهنگی، نزدیکی به منطقه جنگل و وجود چهار گروه حیات وحش با نمره ۱،۱۰۶ و نزدیکی روستاها و مناطق مسکونی به پوشش گیاهی با نمره ۳،۷۷۱ به ترتیب از بالاترین اولویت‌ها برخوردار بودند. تاثیر پذیری و حوادث شغلی با نمره ۲،۷۲۵ بوده و عملیات برش و جوش با نمره ۲،۱۳۴ بالاترین اولویت را در میان معیارهای سلامت و ایمنی داشته است. سرانجام، استراتژی‌های کنترل منابع آلودگی شناسایی شده و طرح آموزش، نظارت و مدیریت زیست محیطی SPC تهیه گردید. امیدواری و همکاران [۱۳] به ارائه الگوی ارزیابی ریسک آتش سوزی و مدیریت اورژانس در آزمایشگاه‌های مراکز آموزشی پرداخت. در این پژوهش بر خلاف پژوهش قبلی ارزیابی ریسک آتش سوزی مورد بررسی قرار گرفته است. آتش یکی از مهمترین بحران‌ها در مراکز آموزشی به ویژه در آزمایشگاه‌ها به شمار می‌رود. این تحقیق سعی در توسعه یک مدل ارزیابی ریسک کمی بر اساس داده‌های تجربی در مرکز آموزشی دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات را دارد. عوامل مهم و حادثه آفرین عبارت‌اند از: نشت سوخت و مواد شیمیایی، مخازن با فشار بالا، خرابی سخت افزار و منابع احتراق و همچنین خطاهای انسانی در مرکز آموزشی. طرح ساختمان، روش نگهداری و تخلیه، توانایی شناسایی خطر، اندازه‌گیری ایمنی، در شرایط اضطراری آتش بسیار مهم است. نتایج تحقیق این

محققان حاکی از آن است که آزمایشگاه‌ها و انبارهای شیمیایی می‌تواند سطح خطر آتش سوزی در یک ساختمان آموزشی را افزایش دهد. یاراحمدی و همکاران [۱۴] به ارزیابی و مدیریت ریسک بهداشت، ایمنی و محیط زیست در سایت‌های آزمایشگاهی-تحقیقاتی پرداختند. نتایج آنالیز داده‌های تحقیق نشان می‌دهد که از کل ریسک‌های 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 جنبه‌های بهداشت، ایمنی و محیط زیست به طور معنی‌داری با رویکرد مدیریت ریسک در کاهش و تخفیف ریسک-های ذاتی موثر بوده است.

### ۴. روش تحقیق

پس از تنظیم و تهیه پرسشنامه مطالعه مقدماتی، پرسشنامه‌ها بین ۱۰ نفر از افراد متخصص و مجرب در آزمایشگاه دانشگاه نجف‌آباد در ارتباط بودند توزیع گردید؛ و نظرات متخصصین در خصوص خطرات در آزمایشگاه دانشگاه نجف‌آباد مورد ارزیابی قرار گرفت و خطرات، علل و شدت خطرات را مورد ارزیابی قرار داده‌اند پس از آن برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش FMEA استفاده گردید. مراحل روش به صورت زیر خواهد بود:

- ۱- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به فرایند
- در آزمایشگاه دانشگاه نجف‌آباد که در آن‌ها ارزیابی ریسک انجام می‌شود باید کاملاً شناسایی و نحوه فعالیت‌ها و فرایندها به‌دقت بررسی شود.
- ۲- تعیین خطرات بالقوه
- تمام خطراتی محیطی، تجهیزاتی، مواد، انسانی و... که ایمنی را تهدید می‌کند باید در نظر گرفته شود.
- ۳- بررسی اثرات هر خطر
- اثرات هر خطر، اثرات احتمالی هستند که خطر بر ایمنی افراد می‌گذارد؛ مانند آتش سوزی، مسمومیت، شکستگی و برخورد و...
- ۴- تعیین علل خطر
- شناخت کافی از آزمایشگاه دانشگاه نجف‌آباد مورد ارزیابی می‌تواند کمک فراوانی برای شناسایی علل به وجود آمدن خطر باشد.
- ۵- تعیین شدت وقوع (نرخ وخامت)
- شدت یا وخامت خطر فقط در مورد «اثر» آن در نظر گرفته می‌شود. برای شدت خطر، شاخص‌های کمی وجود دارد که برحسب مقیاس ۱ تا ۵ بیان می‌گردد.
- ۶- احتمال وقوع
- احتمال وقوع، مشخص می‌کند که یک علت یا مکانیزم بالقوه خطر با چه تواتری رخ می‌دهد. احتمال رخداد بر مبنای ۱ تا ۵ سنجیده می‌شود. بررسی سوابق و مدارک گذشته بسیار مفید است.
- ۷- نرخ احتمال کشف خطر
- احتمال کشف نوعی ارزیابی از میزان توانایی است که به‌منظور شناسایی یک علت یا مکانیزم وقوع خطر وجود دارد. به‌عبارت‌دیگر احتمال کشف، توانایی پی بردن به خطر قبل از رخداد آن است.
- مراحل اجرای پژوهش حاضر به صورت شکل شماره (۱) می‌باشد:

بدین ترتیب، گمنامی و بازخورد نظرات دو عنصر ضروری در روش دلفی می‌باشند. یکی از مزایای این روش این است که کارشناسان و متخصصان زمانی که به علت دلایلی قانع کننده به اشتباه بودن نظر خود پی بردند، بدون از دست دادن وجهه و اعتبارشان، می‌توانند در نظرات خود تجدید نظر نمایند. پایه و اساس روش دلفی بر این است که نظرات متخصصان هر حوزه علمی در مورد پیش‌بینی آینده صائب‌ترین نظرات هستند. بنابراین اعتبار روش دلفی نه به تعداد شرکت کنندگان در تحقیق که به اعتبار علمی متخصصان شرکت کننده در پژوهش بستگی دارد. شرکت کنندگان در تحقیق دلفی در پژوهش حاضر ۱۰ نفر از اساتید شیمی دانشگاه نجف آباد و مدیریت HSE را شامل می‌شود. مراحل انجام روش دلفی در پژوهش حاضر به شرح زیر است:

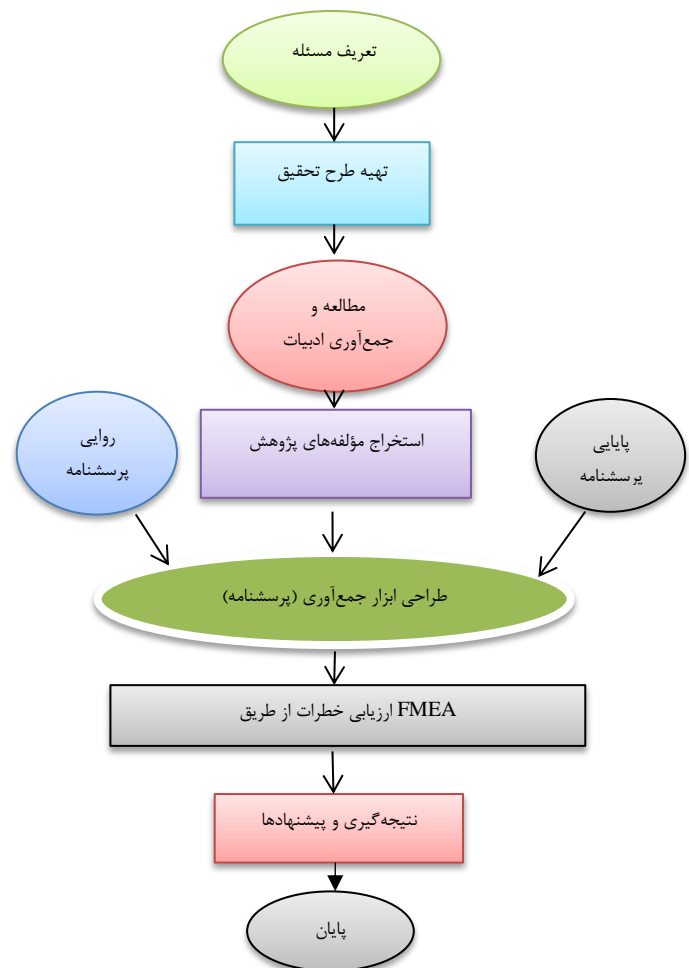
- ۱) تشکیل تیم اجرا و نظارت بر انجام دلفی
- ۲) انتخاب یک یا چند هیات برای شرکت در فعالیت‌ها، اعضای این هیات-ها معمولاً متخصصان و خبرگان حوزه تحقیق هستند.
- ۳) راه‌اندازی فعالیت‌های تنظیم پرسشنامه برای دوره اول

در این مرحله ابتدا تمامی شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش با استناد به مطالعه ادبیات و پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه جمع آوری شده و پرسشنامه اولیه تنظیم گردید. سپس این پرسشنامه جهت بررسی برای خبرگان ارسال شده و از آنها خواسته شده تا به سوالات بر اساس اهمیتشان پاسخ داده شده و همچنین عوامل جدیدی که افراد پیشنهاد می‌دهند، جمع آوری گردد. در تمامی مراحل تکنیک دلفی میزان اهمیت عوامل در قالب طیف لیکرت (تاثیر بسیار کم: ۱)، (تاثیر کم: ۲)، (تاثیر متوسط: ۳)، (تاثیر زیاد: ۴) و (تاثیر بسیار زیاد: ۵) صورت می‌گیرد. ۴) بررسی پرسشنامه از نظر نوشتاری (رفع ابهامات استنباطی و ...)

- ۵) ارسال اولین پرسشنامه به اعضا
- ۶) تجزیه و تحلیل پاسخ‌های رسیده در دوره اول
- ۷) آماده کردن پرسشنامه دوم (با بازنگری‌های مورد نیاز)

در این دور شاخص‌هایی که در دور اول امتیاز را کسب نکرده‌اند، حذف شده و سپس پرسشنامه جدید به همراه شاخص‌های پیشنهادی برای افراد ارسال خواهد شد. پس از جمع‌آوری دور اول پرسشنامه‌ها، دور دوم پرسشنامه‌ها توزیع شده و شاخص‌های خروجی دور اول مورد بررسی قرار گرفت.

- ۸) ارسال پرسشنامه دوم برای اعضا
  - ۹) تجزیه و تحلیل پاسخ‌های رسیده در دوره دوم (مراحل ۷ تا ۹ تا حصول پایداری در پاسخ‌های دریافتی ادامه می‌یابد).
  - ۱۰) آماده‌سازی گزارش توسط تیم تحلیل‌گر
- سپس دور سوم طراحی و توزیع پرسشنامه‌ها صورت پذیرفت. در نهایت شاخص‌های خروجی مطابق جدول (۱) انتخاب شد.



شکل (۱): گام‌های انجام پژوهش

## ۱.۴ شناسایی ریسک‌های آزمایشگاه شیمی دانشگاه نجف آباد به روش دلفی

این روش در مواردی که دانشی ناکافی و نامطمئن در دسترس باشد و یا محدودیت‌هایی از لحاظ کاربرد قوانین، فرمول‌ها و مدل‌های ریاضی مشاهده شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر قضاوت به متخصصان آن امر سپرده می‌شود. این روش به منظور بررسی نگرش‌ها و قضاوت‌های افراد و گروه‌های متخصص و نیز ایجاد هماهنگی بین دیدگاه‌ها، به نظرسنجی افراد می‌پردازد. این نظرسنجی‌ها با استفاده از پرسشنامه و بدون الزام افراد به حضور در محلی معین، طی چندین مرحله انجام می‌شود. در پایان جمع‌بندی، ارزش‌گذاری و تحلیل مجموعه دیدگاه‌ها و نظرهای افراد، مبنای هدف‌گذاری، تدوین برنامه و یا تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد. ایده اصلی در طراحی فرآیند روش دلفی این است که پاسخ دهندگان بتوانند بدون تحت تاثیر قرار گرفتن افراد معتبر و مشهور و افرادی که قدرت سخن‌وری خوبی در جلسات دارند، دیدگاه‌هایشان را بیان کنند. در این روش با حذف تاثیر توان سخن‌وری افراد، همه نظرات و عقاید جمع‌آوری و پس از تحلیل به اعضای پرسش شونده برگردانده می‌شوند.

- نرخ احتمال کشف خطر<sup>۱</sup>: نوعی ارزیابی از میزان توانایی است که به منظور شناسایی یک خطر پیش از رخ دادن آن است (جدول ۲).
- نرخ احتمال وقوع خطر<sup>۲</sup>: این شاخص نشان دهنده تواتر و تکرار احتمالی وقوع یک خطر است (جدول ۳).

جدول (۱): رتبه بندی شدت خطر (میرمحمدی و همکاران، ۱۳۹۵).

امتیاز	شدت اثر	شرح جراحت و آسیب
۱۰	خطرناک هشدار بدون	کامل، تخریب خطر مرگ مثل بار تاسف وخامت
۹	با خطرناک هشدار	است هشدار با همراه اما بار تاسف وخامت
۸	زیاد خیلی	انجام توانایی عدم است، ناپذیر جبران وخامت بدن عضو یک دادن دست از اصلی، وظیفه
۷	زیاد	تجهیزات، گرفتن آتش همانند زیاد وخامت بدن سوختگی
۶	متوسط	مسمومیت دیدگی، ضرب مانند است کم وخامت غذایی خفیف
۵	کم	مسمومیت دیدگی، ضرب مانند کم خیلی وخامت غذای خفیف
۴	خیلی کم	را آن افراد بیشتر ولی است کم خیلی وخامت کند می احساس
۳	اثرات جزئی	دست خراش مثل گذارد می جا بر جزئی اثر
۲	خیلی جزئی	دارد جزئی خیلی اثر
۱	هیچ	بدون اثر

جدول (۲): رتبه بندی قابلیت کشف خطا (میرمحمدی و همکاران، ۱۳۹۵)

امتیاز	خطر کشف احتمال: معیار	کشف قابلیت
۱۰	وجود صورت در یا و ندارد وجود کنترلی هیچ نیست بالقوه خطر کشف به قادر	مطلقا هیچ
۹	های کنترل با که دارد ناچیزی خیلی احتمال شود آشکار و ردیابی خطر، موجود	ناچیز خیلی
۸	موجود های کنترل با که دارد ناچیزی احتمال شود آشکار و ردیابی خطر،	ناچیز
۷	های کنترل با که دارد کمی خیلی احتمال شود آشکار و ردیابی خطر، موجود	کم خیلی
۶	موجود های کنترل با که دارد کمی احتمال شود آشکار و ردیابی خطر،	کم
۵	کنترل با که است محتمل موارد از نیمی در شود آشکار و ردیابی بالقوه، خطر موجود	متوسط
۴	کنترل با که دارد وجود زیادی نسبتاً احتمال شود آشکار و ردیابی بالقوه، خطر موجود	زیاد نسبتاً
۳	موجود کنترل با که دارد وجود زیادی احتمال شود آشکار و ردیابی بالقوه، خطر	زیاد <sup>۳</sup>

جدول (۱): شناسایی شاخص های HSE آزمایشگاه شیمی دانشگاه نجف اباد

ردیف	فعالیت
۱	کریستالیزاسیون تهیه کلرید سرب از نیترات سرب
۲	تیتراسیون اسید و باز
۳	اسید سنجی - قلیایی سنجی تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش
۴	تجزیه کیفی برخی از آنیون ها
۵	پرمگانومتری
۶	استخراج لیمونن
۷	آنالیز عنصری
۸	تقطیر
۹	تبلور
۱۰	تهیه صابون
۱۱	I تجهیزات کاتیون های گروه
۱۲	III تجهیزات کاتیون های گروه
۱۳	V تجهیزات کاتیون های گروه
۱۴	سنتر آدیپیک اسید
۱۵	سنتر متیل سالیسیلات
۱۶	سنتر دی بنزال استون
۱۷	تست یدوفرم
۱۸	اسیدفورییک اندازه گیری آهن به روش
۱۹	اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفوتومتری
۲۰	اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد
۲۱	تعیین کشش سطحی مایع
۲۲	تعیین گرانیوی مایع
۲۳	رفرکتومتری
۲۴	کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی
۲۵	سینتیک واکنش ید با استون
۲۶	تهیه اسید بوریک از بوراکس
۲۷	تهیه متاپریدات پتاسیم

### ۵. تکنیک FMEA

گام های این روش به شرح ذیل می باشد:

گام اول: شناسایی ریسک ها

با استفاده از بررسی مطالعات صورت گرفته در این زمینه و نیز با بهره گیری از نظرات خبرگان علمی - دانشگاهی معیارها در سه دسته: بهداشت، ایمنی و محیط زیست شناسایی گردید.

گام دوم: محاسبه عدد شدت ریسک

- تعیین وخامت خطر<sup>۱</sup>: وخامت خطر در واقع به همان اثری اطلاق می شود که در نتیجه وقوع خطر بروز می کند.

<sup>3</sup>. Occurrence

<sup>1</sup>. Severity

<sup>2</sup>. Detection

امتیاز	خطر رخداد احتمال	خطر احتمالی های نرخ
۲		۱ در ۱۵۰۰۰۰۰
۱	است محتمل نا خطر: بعید	۱۵۰۰۰۰۰۰ در ۱ از کمتر

۲	دارد وجود زیاد خیلی احتمال	خیلی زیاد
۱	خطر موجود های کنترل با حتم هطور ب تقریباً شود می آشکار و ردیابی بالقوه،	تقریباً حتمی

• نمره ریسک پذیری: RPN از حاصلضرب اعداد شدت، وقوع و تشخیص حاصل می شود. PRN به تنهایی هیچ معنایی ندارد بلکه فقط معیاری برای رتبه بندی خرابی ها در یک خدمت است.

تشخیص × وقوع × شدت = نمره اولویت ریسک (RPN)

گام سوم: اقدامات پیشنهادی

FMEA بدون انجام اقدامات پیشنهادی، هدفی بی معنا و اقدامی بی نتیجه است. هدف از تعریف این اقدامات، حذف حالات خرابی در ارائه خدمت و یا حذف کمبودها و نقصان ها در ارائه خدمت (علل خرابی) است.

جدول (۳): رتبه بندی احتمال وقوع (میرمحمدی و همکاران، ۱۳۹۵).

امتیاز	خطر رخداد احتمال	خطر احتمالی های نرخ
۱۰	تقریباً خطر: زیاد بسیار	۱ در ۲ یا بیش از آن
۹	است ناپذیر اجتناب	۱ در ۳
۸	زیاد: خطرهای تکراری	۱ در ۸
۷		۱ در ۲۰
۶		۱ در ۸۰
۵	متوسط، خطرهای موردی	۱ در ۴۰۰
۴		۱ در ۲۰۰۰
۳	نادر نسبتاً خطرهای: کم	۱ در ۱۵۰۰۰

جدول (۴): فعالیت های شناسایی شده و محاسبه عدد اولویت ریسک

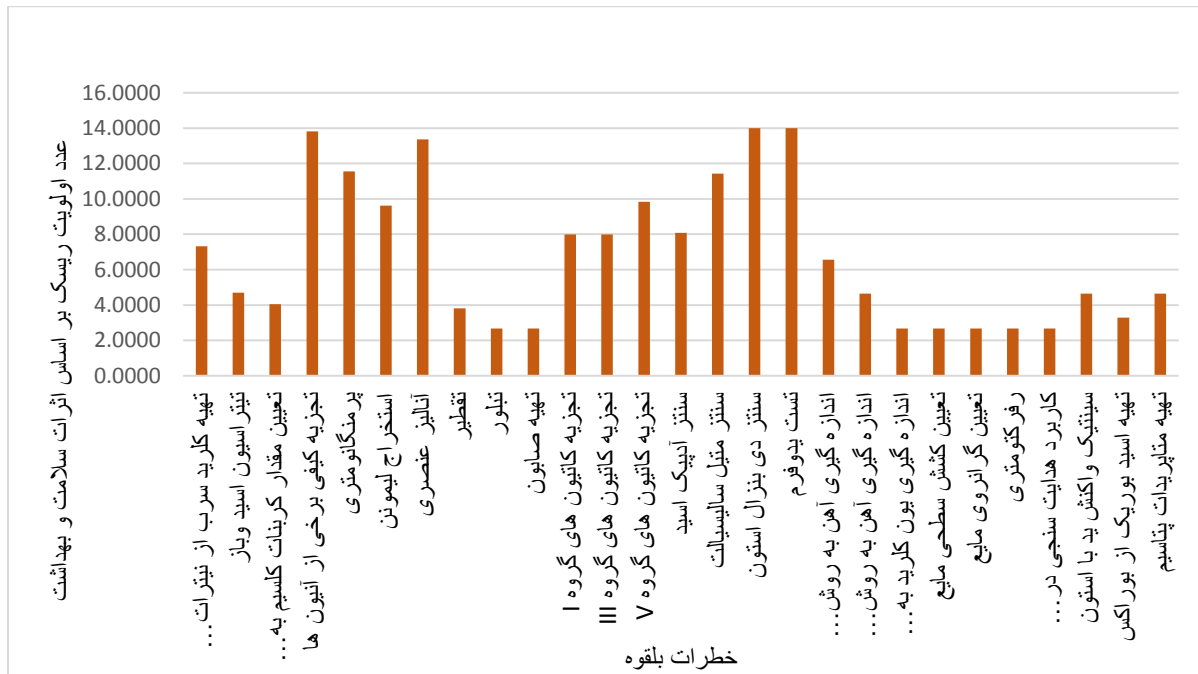
ردیف	فعالیت	اثر بر سلامت و بهداشت				اثر بر ایمنی				اثر بر محیط زیست			
		شدت	میزان وقوع	قابلیت کشف	اولویت ریسک	شدت	میزان وقوع	قابلیت کشف	اولویت ریسک	شدت	میزان وقوع	قابلیت کشف	اولویت ریسک
۱	تهیه کلرید سرب از نیترات سرب و کریستالیزاسیون	۱,۸۳	۲,۷۸	۳,۲۲	۱۵,۳۱	۲,۰۰	۲,۴۶	۳,۲۶	۱۶,۵۴	۱,۳۸	۲,۲۹	۲,۳۲	۷,۳۱
۲	تیتراسیون اسید و باز	۱,۳۲	۲,۵۹	۱,۹۷	۳,۴۲	۱,۶۴	۲,۹۰	۳,۱۰	۱۴,۷۴	۱,۲۵	۱,۸۷	۲,۰۲	۴,۶۹
۳	اسید تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش سنجی - قلیایی سنجی	۱,۳۲	۲,۰۰	۲,۴۶	۷,۹۲	۱,۵۵	۲,۳۵	۳,۱۰	۱۱,۳۰	۱,۱۵	۱,۵۲	۲,۳۲	۴,۰۴
۴	تجزیه کیفی برخی از آنیون ها	۲,۵۲	۲,۴۹	۳,۴۸	۱۸,۸۴	۲,۳۰	۳,۲۵	۳,۶۰	۲۶,۸۶	۱,۶۲	۲,۵۹	۳,۲۸	۱۳,۸۲
۵	پرمگانومتری	۲,۴۹	۳,۰۳	۳,۷۷	۳۰,۲۱	۲,۳۰	۲,۶۴	۳,۹۲	۲۳,۷۹	۱,۶۲	۲,۴۹	۲,۸۶	۱۱,۵۶
۶	استخراج لیمونن	۱,۷۱	۲,۳۵	۲,۹۱	۱۶,۱۱	۱,۵۵	۲,۶۴	۳,۱۹	۱۳,۰۵	۱,۵۳	۲,۰۲	۳,۱۰	۹,۶۱
۷	آنالیز عنصری	۱,۹۷	۲,۹۳	۳,۳۱	۲۳,۰۵	۲,۰۵	۲,۴۶	۲,۴۲	۱۲,۱۸	۱,۵۳	۲,۸۱	۳,۱۰	۱۳,۳۶
۸	تقطیر	۱,۴۱	۲,۰۰	۲,۷۶	۱۱,۳۱	۱,۳۲	۲,۰۰	۳,۳۶	۸,۸۶	۱,۱۵	۱,۶۴	۲,۰۲	۳,۸۱
۹	تلور	۱,۴۱	۱,۸۹	۲,۸۶	۸,۰۱	۱,۳۲	۱,۸۳	۱,۸۳	۴,۴۴	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۱۰	تهیه صابون	۱,۲۳	۱,۸۹	۲,۷۵	۶,۹۷	۱,۰۰	۱,۸۳	۱,۸۳	۳,۳۷	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۱۱	I تجهیز کاتیون های گروه	۱,۶۴	۲,۴۱	۲,۷۶	۱۱,۸۸	۱,۵۲	۲,۱۶	۱,۵۵	۵,۰۸	۱,۷۳	۲,۲۹	۲,۰۲	۷,۹۹
۱۲	III تجهیز کاتیون های گروه	۲,۳۰	۳,۱۰	۲,۹۳	۲۱,۳۹	۲,۰۰	۲,۱۶	۲,۱۶	۹,۳۱	۱,۷۳	۲,۲۹	۲,۰۲	۷,۹۹
۱۳	V تجهیز کاتیون های گروه	۲,۶۴	۲,۸۶	۳,۸۵	۳۷,۷۶	۱,۹۳	۲,۴۲	۳,۲۷	۱۵,۷۵	۲,۱۳	۲,۲۹	۲,۰۲	۹,۸۴
۱۴	سنتر آدیپک اسید	۲,۶۴	۳,۱۰	۳,۳۵	۴۰,۹۵	۲,۵۵	۲,۸۳	۳,۱۴	۲۲,۶۶	۱,۷۴	۲,۳۰	۲,۰۲	۸,۰۸
۱۵	سنتر متیل سالیسیلات	۲,۸۳	۳,۱۰	۳,۱۹	۴۳,۸۹	۲,۵۵	۲,۴۵	۳,۷۳	۲۳,۲۲	۱,۷۴	۲,۳۰	۲,۸۶	۱۱,۴۲
۱۶	سنتر دی بنزال استون	۲,۷۸	۳,۱۰	۳,۰۳	۲۵,۸۹	۲,۷۰	۲,۸۳	۳,۱۴	۲۴,۰۰	۲,۱۳	۲,۳۰	۲,۸۶	۱۳,۹۹
۱۷	تست یدوفرم	۲,۵۹	۳,۱۰	۲,۵۲	۱۶,۱۱	۲,۳۰	۲,۸۳	۲,۲۶	۱۴,۶۸	۲,۱۳	۲,۳۰	۲,۸۶	۱۳,۹۹
۱۸	اسیدفوریک اندازه گیری آهن به روش	۱,۹۱	۲,۲۲	۱,۹۷	۸,۴۹	۱,۷۸	۱,۷۳	۲,۳۰	۷,۰۹	۱,۰۰	۲,۳۰	۲,۸۶	۶,۵۶
۱۹	اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری	۱,۶۴	۲,۲۲	۲,۱۷	۷,۳۰	۱,۳۲	۱,۷۳	۲,۹۳	۶,۷۰	۱,۰۰	۲,۳۰	۲,۰۲	۴,۶۴
۲۰	اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد	۱,۷۸	۲,۰۵	۲,۷۳	۷,۳۰	۱,۵۵	۱,۴۱	۲,۹۳	۶,۴۳	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۲۱	تعیین کثشت سطحی مایع	۱,۰۷	۱,۴۳	۲,۲۷	۳,۰۷	۱,۱۵	۱,۱۵	۳,۹۸	۵,۲۵	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۲۲	تعیین گرانیوی مایع	۱,۱۵	۱,۴۳	۲,۶۷	۴,۹۳	۱,۰۷	۱,۰۷	۲,۶۳	۳,۰۲	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۲۳	رفرکتومتری	۱,۱۵	۱,۴۳	۲,۶۷	۴,۹۳	۱,۱۲	۱,۲۰	۲,۶۳	۳,۵۱	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶

جدول (۴): فعالیت‌های شناسایی شده و محاسبه عدد اولویت ریسک

ردیف	فعالیت	اثر بر سلامت و بهداشت				اثر بر ایمنی				اثر بر محیط‌زیست			
		شدت	میزان وقوع	قابلیت کشف	اولویت ریسک	شدت	میزان وقوع	قابلیت کشف	اولویت ریسک	شدت	میزان وقوع	قابلیت کشف	اولویت ریسک
۲۴	کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی	۱,۳۲	۱,۷۸	۲,۲۲	۹,۴۱	۱,۵۲	۱,۴۱	۱,۹۳	۴,۱۴	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۲۵	سینتیک واکنش ید با استون	۲,۰۸	۲,۰۵	۲,۴۳	۲۱,۳۲	۲,۳۰	۲,۴۵	۲,۴۶	۱۳,۸۶	۱,۷۴	۱,۳۲	۲,۰۲	۴,۶۴
۲۶	تهیه اسید بوریک از بوراکس	۱,۴۳	۱,۷۸	۲,۲۷	۱۲,۷۵	۲,۲۲	۲,۴۵	۲,۴۶	۱۳,۳۹	۱,۲۳	۱,۳۲	۲,۰۲	۳,۲۸
۲۷	تهیه متاپریدات پتاسیم	۲,۱۷	۲,۲۲	۲,۰۵	۲۸,۹۰	۲,۳۰	۱,۷۳	۲,۴۶	۹,۷۷	۱,۷۴	۱,۳۲	۲,۰۲	۴,۶۴

با استفاده از نظر خبرگان عدد اولویت ریسک بر اساس اثرات بر سلامت و بهداشت به صورت شکل (۱) می‌باشد:

### ۶. تجزیه و تحلیل یافته‌ها ۱,۶ بررسی مخاطرات از لحاظ اثرات سلامت و بهداشت



نمودار (۲): عدد اولویت ریسک بر اساس سلامت و بهداشت

تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی - قلیایی سنجی، تقطیر، تهیه اسید بوریک از بوراکس، تلور، تهیه صابون، اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد، تعیین کثشت سطحی مایع، تعیین گرانیروی مایع، رفرکتومتری، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی به ترتیب در رتبه‌های چهارم تا بیست و ششم قرار گرفتند.

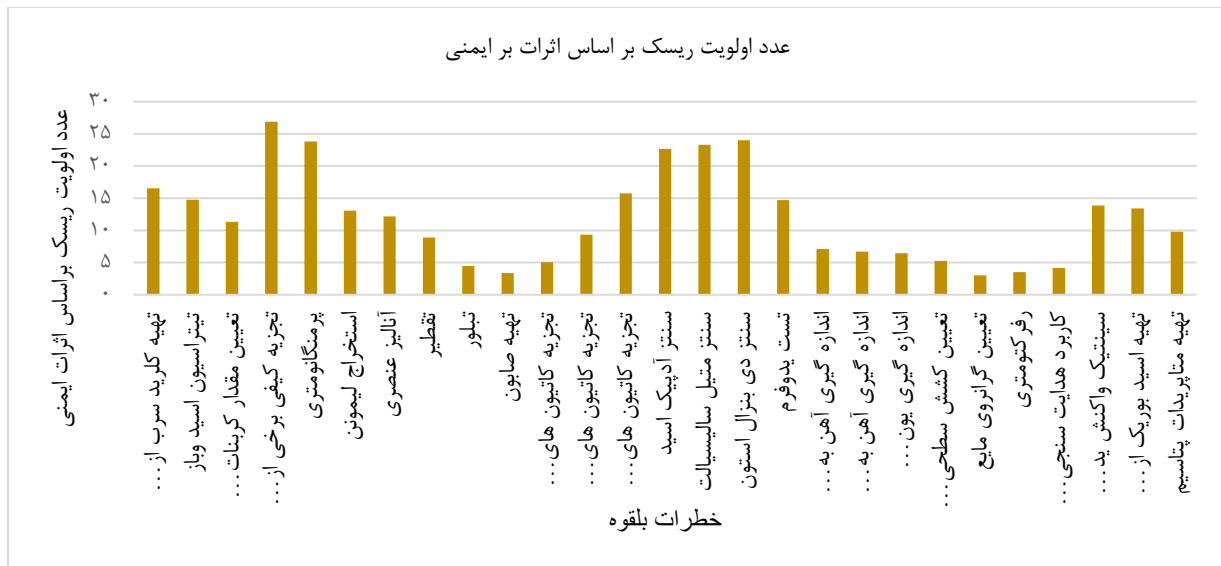
### ۲,۶ بررسی مخاطرات از لحاظ اثرات بر ایمنی

با استفاده از نظر خبرگان عدد اولویت ریسک بر اساس اثرات بر ایمنی به صورت شکل (۲) می‌باشد. بر اساس نمودار (۲) تجزیه کیفی برخی از

با توجه به نمودار (۱) تست یدوform و سنتر دی بنزال استون به عنوان پرخطرترین ریسک از لحاظ تاثیرات مخرب بر سلامت و بهداشت شناسایی شدند. سپس تجزیه کیفی برخی از آنیون ها در جایگاه دوم و آنالیز عنصری در جایگاه سوم قرار گرفتند. سپس: پرمنگانومتری، سنتر متیل سالیسیلات، تجزیه کاتیون های گروه V، استخراج لیمونن، تجزیه کاتیون های گروه I، تجزیه کاتیون های گروه III، سنتر آدیپیک اسید، تهیه کلرید سرب از نیترات سرب و کریستالیزاسیون، اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک، تیزراسیون اسید و باز، اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفوتومتری، سینتیک واکنش ید با استون، تهیه متاپریدات پتاسیم،

روش اسید سنجی - قلیایی سنجی، تهیه متاپریدات پتاسیم، تجزیه کاتیون های گروه III، تقطیر، اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک، اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد، تعیین کشتش سطحی مایع، تجزیه کاتیون های گروه I، تبلور، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی، رفرکتومتری، تهیه صابون و تعیین گرانیوی مایع در رتبه‌های چهارم الی بیست و هفتم ریسک‌های پر خطر از نظر مخاطرات ایمنی شناخته شدند.

آنیون ها به عنوان مهم ترین ریسک از لحاظ مخاطرات ایمنی شناخته شد. سپس سنتز دی بنزال استون در جایگاه دوم و پرمگانومتری بعنوان سومین ریسک پرخطر در این دسته شناخته شدند. سپس خطرات بلقوه: سنتز متیل سالیسیلات، سنتز آدیپک اسید، تهیه کلرید سرب از نیترات سرب و کریستالیزاسیون، تجزیه کاتیون های گروه V، تیتراسیون اسید و باز، تست یدوفرم، سینتیک واکنش ید با استون، تهیه اسید بوریک از بوراکس، استخراج لیمون، آنالیز عنصری، تعیین مقدار کربنات کلسیم به



نمودار (۳): عدد اولویت ریسک بر اساس ایمنی

### ۴,۶ اولویت بندی ریسک های بلقوه بر اساس مخاطرات

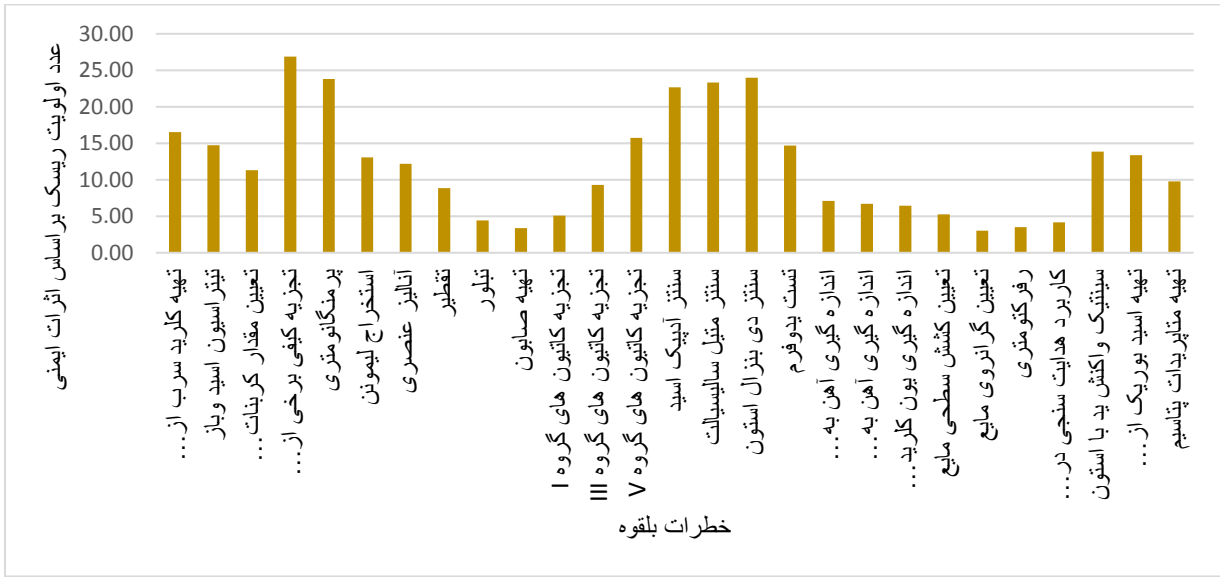
#### ایمنی، بهداشت و سلامت و محیط زیست

با استفاده از نظر خبرگان عدد اولویت ریسک بر اساس مخاطرات ایمنی، بهداشت و سلامت و محیط زیست به صورت شکل (۴) می‌باشد. با توجه به نمودار (۴) سنتز متیل سالیسیلات بعنوان مهم ترین ریسک در هر سه بعد مخاطرات ایمنی، بهداشت و سلامت و محیط زیست شناخته شد. پس از آن سنتز دی بنزال استون و پرمگانومتری در اولویت های دوم تا سوم قرار گرفتند. پس از آن سایر خطرات: سنتز آدیپک اسید، تجزیه کیفی برخی از آنیون ها، تجزیه کاتیون های گروه V، آنالیز عنصری، تست یدوفرم، استخراج لیمون، تهیه کلرید سرب از نیترات سرب و کریستالیزاسیون، تجزیه کاتیون های گروه III، سینتیک واکنش ید با استون، تهیه متاپریدات پتاسیم، تهیه اسید بوریک از بوراکس، تجزیه کاتیون های گروه I، اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک، تقطیر، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی - قلیایی سنجی، تیتراسیون اسید و باز، اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی، تبلور، تهیه صابون، رفرکتومتری، تعیین گرانیوی مایع و تعیین کشتش سطحی مایع به ترتیب در رتبه‌های چهارم تا بیست و هفتم قرار گرفتند.

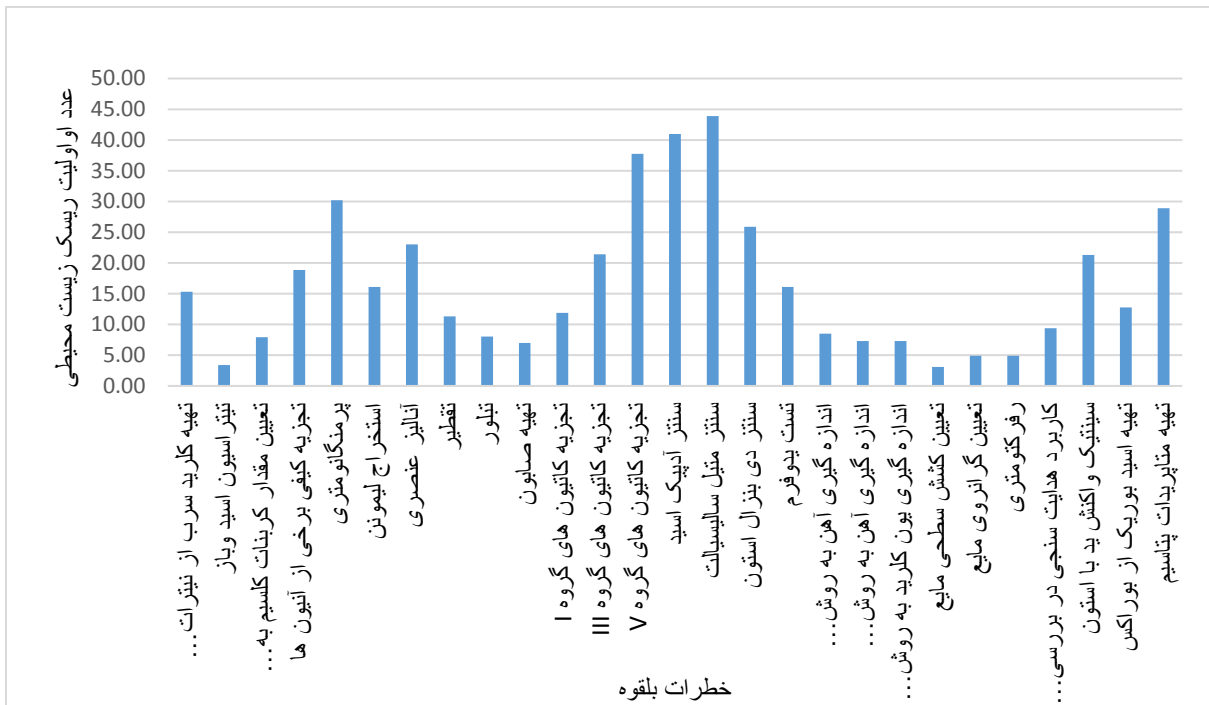
### ۳,۶ بررسی مخاطرات از لحاظ اثرات زیست محیطی

با استفاده از نظر خبرگان عدد اولویت ریسک بر اساس اثرات زیست محیطی به صورت شکل (۳) می‌باشد. با توجه به نمودار (۳) سنتز متیل سالیسیلات بعنوان مهم ترین ریسک از لحاظ مخاطرات زیست محیطی شناخته شد. سپس سنتز آدیپک اسید در جایگاه دوم و تجزیه کاتیون های گروه V در جایگاه سوم بعنوان مهم ترین ریسک‌ها از لحاظ مخاطرات زیست محیطی پس از سنتز متیل سالیسیلات شناخته شدند. سپس خطرات بلقوه: پرمگانومتری، تهیه متاپریدات پتاسیم، سنتز دی بنزال استون، آنالیز عنصری، تجزیه کاتیون های گروه III، سینتیک واکنش ید با استون، تجزیه کیفی برخی از آنیون ها، استخراج لیمون، تست یدوفرم، تهیه کلرید سرب از نیترات سرب و کریستالیزاسیون، تهیه اسید بوریک از بوراکس، تجزیه کاتیون های گروه I، تقطیر، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی، اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک، تبلور، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی - قلیایی سنجی، اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد، تهیه صابون، تعیین گرانیوی مایع، رفرکتومتری، تیتراسیون اسید و باز و تعیین کشتش سطحی مایع در رتبه‌های چهارم الی بیست و هفتم ریسک‌های پر خطر از نظر مخاطرات زیست محیطی شناخته شدند.





نمودار (۴): عدد اولویت ریسک بر اساس ایمنی



نمودار (۵): عدد اولویت ریسک بر اساس مخاطرات زیست محیطی

## ۵,۶ ارزیابی ریسک

عدد اولویت ریسک یک اندازه‌گیری از حالات شکست ریسک است و می‌توان آن را برای رتبه‌بندی شکست و اولویت‌بندی اقدامات استفاده کرد. در نهایت خطرات بلقوه در سه دسته کم، متوسط و زیاد رتبه‌بندی شدند. نتایج در جدول شماره (۴) قابل مشاهده است:

جدول (۴): رتبه‌بندی ریسک [۱۰]

رتبه ریسک	درجه ریسک
کم	۱-۱۲
متوسط	۱۳-۱۸
زیاد	۱۹-۲۷

همان‌طور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود که خطرات: تجزیه کیفی برخی از آنیون‌ها، پرمنگانومتری، سنتز آدیپک اسید، سنتز متیل سالیسیلات، سنتز دی بنزال استون دارای ریسک بالا می‌باشند. بنابراین لازم است اقدامات کنترلی به منظور حذف خطرات یا کاهش هر یک از عوامل مؤثر بر RPN طراحی شود. همچنین خطراتی که در سطح ریسک متوسط طبقه‌بندی شده‌اند شامل: آنالیز عنصری، تجزیه کاتیون‌های گروه V، تست یدوفرم؛ تحت کنترل بوده ولی نیازمند تجدیدنظر هستند و می‌توان در آینده آن‌ها را بهبود داد و به سطح قابل تحمل رساند ولی در حال حاضر اولویت ندارند. خطراتی که در سطح قابل تحمل طبقه‌بندی شده‌اند بیانگر این می‌باشند که وجود کنترل‌های جاری، اطمینان لازم را جهت کنترل این خطرات و جلوگیری از بروز خسارات آن‌ها را می‌دهد. نتایج ارزیابی عوامل ریسک در آزمایشگاه دانشگاه نجف‌آباد در جدول شماره (۵) قابل مشاهده است.

## ۷. نتیجه‌گیری

تهیه کلرید سرب از نیترات سرب و کریستالیزاسیون، تیتراسیون اسید و باز، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی - قلیایی سنجی، استخراج لیمونن، تقطیر، تبلور، تهیه صابون، تجزیه کاتیون‌های گروه I، تجزیه کاتیون‌های گروه III، اندازه‌گیری آهن به روش اسیدفوریک، اندازه‌گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، اندازه‌گیری یون کلرید به روش ولپارد، تعیین کشش سطحی مایع، تعیین گرانشی مایع، رفرکتومتری، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی، سینتیک واکنش ید با استون، تهیه اسید بوریک از بوراکس، تهیه متاپریدات پتاسیم کم خطر، آنالیز عنصری، تجزیه کاتیون‌های گروه V، تست یدوفرم جزو ریسک‌های متوسط و تجزیه کیفی برخی از آنیون‌ها، پرمنگانومتری، سنتز آدیپک اسید، سنتز متیل سالیسیلات، سنتز دی بنزال استون بعنوان ریسک‌های پرخطر شناسایی شدند، بنابراین لازم است اقدامات کنترلی به منظور حذف خطرات یا کاهش هر یک از عوامل مؤثر بر RPN طراحی شود.

جدول ۵: ارزیابی عوامل ریسک در آزمایشگاه دانشگاه نجف‌آباد

سطح ریسک	خطرات بالقوه
۱-۱۲	تهیه کلرید سرب از نیترات سرب و کریستالیزاسیون، تیتراسیون اسید و باز، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی - قلیایی سنجی، استخراج لیمونن، تقطیر، تبلور، تهیه صابون، تجزیه کاتیون‌های گروه I، تجزیه کاتیون‌های گروه III، اندازه‌گیری آهن به روش اسیدفوریک، اندازه‌گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، اندازه‌گیری یون کلرید به روش ولپارد، تعیین کشش سطحی مایع، تعیین گرانشی مایع، رفرکتومتری، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی، سینتیک واکنش ید با استون، تهیه اسید بوریک از بوراکس، تهیه متاپریدات پتاسیم
۱۳-۱۸	آنالیز عنصری، تجزیه کاتیون‌های گروه V، تست یدوفرم
۱۹-۲۷	تجزیه کیفی برخی از آنیون‌ها، پرمنگانومتری، سنتز آدیپک اسید، سنتز متیل سالیسیلات، سنتز دی بنزال استون

## - منابع

- McNeil, A.J., R. Frey, and P. Embrechts, Quantitative risk management: Concepts. Economics Books, 2015.
- Omrani GhA, Alavi Nakhjavani N. Solid Waste (1) (Hospital Waste). Tehran: Andishe Rafie Publishers; 2017, pp 17 [Persian].
- Sadgrove, K., The complete guide to business risk management. 2016: Routledge.
- Raftery, J., Risk analysis in project management. 2003: Routledge.
- McDermott, R., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. (1996). The basics of FMEA. SteinerBooks.
- Tsung-Chih Wu, C.-W.L., Mu-Chen Lu. Safety climate in university and college laboratories: Impact of organizational and individual factors. Journal of Safety Research 2017; 38: 91-102.
- Shu CM, L.M.P., managing and designing in laboratories safety and health. Taipei: Gau-Lih Book Co. 2014.
- Wu, T.-C., C.-W. Liu, and M.-C. Lu, Safety climate in university and college laboratories: Impact of organizational and individual factors. Journal of Safety Research, 2007. 38(1): p. 91-102.
- Wang RL, Lan KC. An associate professor with his son shocked by electric in National Kao-Hsing Normal University. United Daily News. 2016; March 26; 11th.

- Kang, j.Z., j. Gao.j. (2016). Improving performance evaluation of health, safety and environment management system by combining fuzzy cognitive maps and relative degree analysis. *Safety Science* 87 (2016) 92-100.
- Zaboli, R., et al., Risk management assessment in selected wards of hospitals of Tehran. *Iranian Journal of Military Medicine*, 2011. **12**(4): p. 197-202.
- Jozi, S. and N.M. Majd, Health, safety, and environmental risk assessment of steel production complex in central Iran using TOPSIS. *Environmental monitoring and assessment*, 2014. 186(10): p. 6969-6983.
- 13. Omidvari, M., N. Mansouri, and J. Nouri, A pattern of fire risk assessment and emergency management in educational center laboratories. *Safety science*, 2015. **73**: p. 34-42.
- Yarahmadi, R., P. Moridi, and Y. Roumiani, Health, safety and environmental risk management in laboratory fields. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*, 2016. **30**.

# Identification and management of HSE risks in the laboratory by FMEA method (Case study: Chemistry Laboratory of Najafabad University)

Nastaran Mollazadeh <sup>1\*</sup>, Neda Ahmadi Balotaki <sup>2</sup>

\*1. Human Environmental and sustainable Development Research Center, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

2. Department of Environmental Management, Najaf Abad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

\*Email Address: nastaran.mollazadeh@yahoo.com

## Abstract

The aim of this study is to identify and manage HSE risks in the chemistry laboratory of Najafabad University. First, the risk was identified in the laboratory using the Delphi method. A Delphi implementation and monitoring team was formed, which consists of ten specialists. Then, all the indicators used were collected based on the study of literature and research in this field and the initial questionnaire was prepared. This questionnaire was sent to the experts for review to answer the questions based on their importance. Then, the answers received in the first period eliminated. Then a new questionnaire was sent to the individuals with suggested indicators. After collecting the first round of questionnaires, the second round of questionnaires was distributed and the output indicators of the first round were examined. This operation was repeated in the third round and finally HSE risks were selected in the chemistry laboratory of Najafabad University. Then, the identified risks were analyzed by FMEA method. Based on the results, iodoform test and synthesis of dibenzalacetone were identified as the most dangerous were analyzed. In this round, the indicators that did not score in the first round were activities in terms of harmful effects on health. Qualitative analysis of some anions was in the second place and elemental analysis was in the third place. Qualitative decomposition of some anions was identified as the most important risk in terms of safety hazards. The synthesis of dibenzalacetone in the second place and permanganometry were recognized as the third high-risk in this category. The synthesis of adipic acid in the second place and the decomposition of group V cations in the third place were recognized as the most important risks in terms of environmental hazards after the synthesis of methyl salicylate. Synthesis of methyl salicylate was recognized as the most important risk in all three dimensions of safety, health and environmental hazards.

## Introduction

Due to the variety of educational disciplines, various laboratory operations are performed in the university laboratory, which can be exposed to various harmful chemical, biological and safety factors. The most important injuries caused by these factors include burns and corrosion caused by acids, respiratory injuries caused by inhalation of gases and toxins, liver, kidney, central nervous system and cancer due to poisoning caused by heavy metals and organic solvents, infectious contaminants caused by microorganisms. It has been transmitted to humans, and fires and electric shocks have also been reported. Laboratory wastes are classified as hazardous wastes due to their toxicity, corrosion, flammability and reactive properties. The establishment of HSE management system in organizations, companies and small and large industries in the world is always done based on a series of guidelines. The ultimate goal of the HSE management system is to protect people in the community, property and the environment. Prevention of injuries and accidents, health, safety and environment in order to sustainable development and increase productivity by considering the health and safety of employees, customers, contractors and others requires the existence of a structure of health, safety and environmental management system. HSE management system has been a management tool to control and improve the performance of health, safety and environment in all development programs and industrial projects or organizations, by creating a creative cultural context and a new and systematic approach to sustainable development and human dignity, in an integrated and By converging and integrating the manpower and facilities and equipment and by using the efficient training system, periodic audits, continuous evaluation and improvement, minimize the adverse effects of industry on the environment and increase its desired effects by ensuring the overall safety of all employees and colleagues. Organization, equipment and facilities and zero accidents and injuries caused by work by controlling or eliminating unsafe conditions and improving the health of people by applying

management, engineering and executive control strategies at all levels of the organization as well as environmental protection as human capital.

### **Methodology**

In this study, Delphi and FMEA methods were used. Following the preparation and preparation of a preliminary study questionnaire, the questionnaires were distributed among 10 specialized and experienced people in the laboratory of Najafabad University; Expert opinions on hazards were evaluated in the laboratory of Najafabad University and FMEA method was used to analyze the data. The Delphi method is used in cases where insufficient and unreliable knowledge is available or there are limitations in the application of mathematical rules, formulas and models. In other words, the judgment is left to the experts. This method polls people in order to examine the attitudes and judgments of individuals and expert groups as well as to create coordination between views. These surveys are conducted in several stages using a questionnaire and without requiring people to attend a certain place. At the end of summarizing, evaluating and analyzing the set of views and opinions of individuals, is the basis for goal setting, program development or decision making. The main idea in designing the Delphi method process is that the respondents can express their views without being influenced by reputable and famous people and people who have good speaking power in meetings. In this method, by eliminating the effect of the ability of individuals to speak, all opinions and ideas are collected and after analysis are returned to the questioned members. Thus, anonymity and feedback are essential elements of the Delphi method. One of the advantages of this method is that experts and specialists can reconsider their opinions without losing their prestige and credibility when they realize that their opinion is wrong for compelling reasons. Participants in the Delphi study in the present study include 10 professors of chemistry at Najafabad University and HSE management.

### **Conclusion**

Preparation of lead chloride from lead nitrate and crystallization, acid and base titration, determination of calcium carbonate by acidimetric-alkaline assay, limonene extraction, distillation, crystallization, soap preparation, decomposition of group I cations, decomposition of group III cations, measurement of iron to Furic acid method, measurement of iron by spectrophotometry, measurement of chloride ion by Wilhard method, determination of liquid surface tension, determination of liquid viscosity, refractometry, application of conductivity in the study of chemical reaction kinetics, iodine reaction kinetics with acetone, preparation of boric acid from borax, Preparation of low-risk potassium metapridate, elemental analysis, decomposition of group V cations, iodoform test among moderate risks and qualitative decomposition of some anions, permanganometry, synthesis of adipic acid, synthesis of methyl salicylate, synthesis of dibenzalstone were identified as risk Therefore, it is necessary to design control measures to eliminate the risks or reduce any of the factors affecting the RPN.

### **Keyword**

Health, Safety, Environment, Laboratory, FMEA Method