

## ارزیابی ریسک‌های بیمارستانی جهت حفاظت شغلی کارکنان بهداشت و درمان در مقابل بیماری کووید ۱۹ با بهره‌گیری از روش FMEA و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: بخش عفونی بیمارستان بوعلی زاهدان)

ندا واحدی نژاد<sup>۱</sup>، فرزاد فیروزی جهان‌تیغ<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۹

### چکیده:

**زمینه و هدف:** ارزیابی ریسک از ضروریات محیط‌های پرخطر کاری مانند بیمارستان‌ها می‌باشد. در طی همه‌گیری‌ها، حفظ سلامت کارکنان بهداشت و درمان به عنوان افراد موثر در کنترل شیوع بیماری مهم است. این پژوهش با هدف حفاظت شغلی کارکنان در مقابل کووید-۱۹ با روش FMEA در بخش عفونی بیمارستان بوعلی زاهدان صورت گرفت.

**مواد و روش‌ها:** شناسایی خطاها در فرآیندهای اولویت‌دار با تکنیک بارش افکار صورت پذیرفت. امتیازدهی خطاها با مؤلفه‌های S، O و D، محاسبه RPN و اولویت‌بندی خطاها با FMEA سنتی صورت پذیرفت. جهت بهبود FMEA سنتی، اولویت‌بندی خطاها با FMEA موزون و تکنیک‌های MCDM نیز صورت گرفت. پس از شناسایی ریسک‌های بحرانی، شناسایی و دسته‌بندی علل خطا، ارائه راهکارهای اصلاحی جهت مقابله با ریسک‌های بحرانی صورت گرفت.

**نتایج:** سه فرآیند پذیرش، ویزیت بیمار و نمونه‌گیری به ترتیب به عنوان فرآیندهای اولویت‌دار جهت ارزیابی ریسک شناسایی شد. در مجموع ۵۸ خطا در ۶ دسته شناسایی شد و به بررسی اثرات آن‌ها پرداخته شد. تعداد ۱۳ خطای بحرانی (RPN بالای ۱۰۰) معادل ۲۲٪ و ۴۲ علت ریشه‌ای خطا بر اساس بارش افکار و طبقه‌بندی آن‌ها با مدل آینده‌وون و در نهایت ۴۹ راهکار اصلاحی برای مقابله با ریسک ارائه شد.

**نتیجه‌گیری:** شناسایی ۵۸ حالت خطا، طبقه‌بندی علل خطا و ارائه راهکارهای اصلاحی، حاکی از توانایی روش FMEA جهت ارزیابی ریسک بخش‌های حساسی مانند بیمارستان‌ها است. در نتیجه روش FMEA قادر به شناسایی خطاها و کاهش پیامدهای آن‌ها بوده و می‌تواند در بهبود کیفیت و کاهش ریسک استفاده شود. تکنیک‌های مدیریت ریسک به همراه تعهد مدیران و تجدید سیاست‌های سازمانی، می‌تواند اثربخشی این فعالیت‌ها را تضمین کند.

**کلمات کلیدی:** حفاظت شغلی، کارکنان بهداشت و درمان، کووید-۱۹، تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن، ارزیابی ریسک، FMEA

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد دانشگاه سیستان و بلوچستان، گروه مهندسی صنایع

<sup>۲</sup> دانشیار دانشگاه سیستان و بلوچستان، گروه مهندسی صنایع. (\* نویسنده مسئول) Firouzi@eng.usb.ac.ir

## مقدمه

ایمنی و بهداشت شغلی از جنبه‌های اصلی کار مناسب و مطلوب است. سوانح و بیماری‌های شغلی، هزینه انسانی، اجتماعی و اقتصادی قابل توجهی در پی دارند که برای رویارویی با آن‌ها لازم است که از ایمن بودن محل کار اطمینان پیدا کرد [۱]. به گزارش سازمان جهانی کار<sup>۱</sup> (ILO) سالانه بیش از ۲.۷۸ میلیون انسان در سراسر جهان در اثر حوادث شغلی یا بیماری‌های ناشی از شغل، جان خود را از دست می‌دهند و حدود ۳۷۴ میلیون حادثه آسیب‌زا در حین کار رخ می‌دهد [۲]. تمامی سازمان‌ها به خصوص آن‌هایی که مسئول ارائه خدمات فوری به جامعه هستند، موظفاند محیط و شرایطی را فراهم آورند که در آن آسیب و یا زبانی متوجه مشتریان و کارکنان سازمان نباشد. در این میان سازمان‌های بهداشتی و درمانی مانند بیمارستان‌ها به علت ماهیت ویژه‌ی فعالیت‌هایشان از اهمیت خاصی برخوردارند. [۳].

با شیوع بیماری همه‌گیر COVID-19، ایمنی و بهداشت شغلی برای کارکنان بهداشت و درمان اهمیت بیشتری پیدا کرده است [۴]. اگر محل کار آن‌ها دارای کمبودهای ایمنی و بهداشتی باشد، پیامدهای ناگواری برای کل جامعه به همراه خواهد داشت [۵]. کووید-۱۹ بیماری ناشی از ویروس کرونا است که SARS CoV-2 نامیده می‌شود. این بیماری پنجمین بیماری همه‌گیر از زمان همه‌گیری آنفولانزای سال ۱۹۱۸ ثبت شده است. سازمان جهانی بهداشت<sup>۲</sup> (WHO) نخستین بار در ۳۱ دسامبر ۲۰۱۹ در شهر ووهان چین، از این ویروس مطلع شد [۶] و [۷]. کارکنان مراقبت‌های بهداشتی بیمارستان (HCW)<sup>۳</sup>، به ویژه افرادی که در مراقبت‌های بالینی بیماران مبتلا به COVID-19 شرکت دارند، بیشتر از جمعیت عمومی در معرض خطر ابتلا به بیماری قرار دارند [۸]. کنترل تأثیر همه‌گیری بر کارکنان مراقبت‌های بهداشتی دارای اهمیت است؛ زیرا در صورت ابتلا به بیماری، بیماران و کارکنانی را که با آن‌ها تعامل و همکاری دارند نیز در معرض آلودگی قرار می‌دهند؛ که این امر باعث کاهش مخرب ظرفیت خدمات بهداشتی و شیوع گسترده بیماری می‌شود [۹].

تلاش‌های جهانی برای بهبود شرایط ایمنی و بهداشتی محل کار، علت اصلی حوادث و عوارض ناشی از کار را عدم وجود یک سیستم مدیریت ریسک کارآمد در سازمان‌ها و اعمال و شرایط نایمن و غیربهداشتی را دو عامل ثانویه می‌داند [۱۰]. یکی از راه‌های پیشگیری از خطرات و آسیب‌های ناشی از آن، مدیریت ریسک می‌باشد. اولین گام در این زمینه شناسایی و ارزیابی خطرات است. هدف از ارزیابی ریسک در ایمنی و سلامت شغلی (OHS)<sup>۴</sup>، اطمینان از حفاظت و ایمنی ذینفعان شغلی و حداقل سازی خسارات و آسیب‌های احتمالی ناشی از فعالیت‌های مربوط

به کار، محل کار و کارکنان است که به انجام هر چه سازنده‌تر و رقابت‌پذیر فعالیت‌های کاری کمک می‌کند [۱۱]. با ظهور رویکرد سیستمی به خطاهای پزشکی و مطالعه آینده‌نگر خطاها، روش تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات آن (FMEA<sup>۵</sup>) که اولین بار در صنعت بکار گرفته شد، وارد حوزه بهداشت و درمان گردید. به طوری که در سال ۲۰۰۱، کمیسیون مشترک اعتباربخشی سازمان‌های بهداشتی و درمانی (JCAHO)<sup>۶</sup> اجرای منظم FMEA را در بخش‌های مختلف بیمارستانی، نیاز کلیه بیمارستان‌ها اعلام کرد. [۱۲]. تکنیک FMEA یک روش سیستماتیک برای ارزیابی مراحل یک فرآیند، شناسایی میزان خطر مرتبط با هر مرحله و توسعه مداخلات برای بهبود روند را فراهم می‌کند.

نتایج ارزیابی ریسک با روش FMEA در ده بیمارستان بالاترین عدد اولویت ریسک را به ترتیب مربوط به ریسک‌های بیولوژیکی، فیزیکی، ارگونومیک و روانی، مکانیکی و آتش‌سوزی گزارش کرد [۱۳]. ارزیابی ریسک بیماری کووید-۱۹ با استفاده از تکنیک آنالیز سریع خطر در بیمارستان انجام شد و این تکنیک، روشی مناسب برای غربالگری ریسک ابتلا به بیماری کرونا در محیط‌های شغلی شناسایی شد [۱۴]. ارزیابی ریسک در بخش CCU با روش HFMEA<sup>۷</sup> برای فرآیند دارو دهی انجام شد و در نهایت ۵۰ خطای بالقوه شناسایی شد که ۱۵ حالت آن به عنوان خطاهای غیرقابل قبول گزارش شد [۱۵].

ارزیابی و مدیریت ریسک انتقال ویروس SARS-CoV-2 در بخش‌های آزمایشگاهی مانند آزمایشگاه باروری (IVF)<sup>۸</sup> با استفاده از روش FMEA صورت گرفت و در نهایت اقدامات اصلاحی برای آن پیشنهاد شد [۱۶]. ارزیابی ریسک مراحل پذیرش بیماران سرطانی در دوران نقاهت بیماری COVID-19 با استفاده از روش FMEA انجام شد و عدم غربالگری برای جمعیت آسیب‌پذیر، عدم رعایت بهداشت دست در بخش‌های سرپایی و دفع نادرست زباله-های بالینی توسط کارکنان خدماتی از خطرهای دارای عدد اولویت ریسک بالا گزارش شد [۱۷]. همچنین ارزیابی ریسک فرآیند انکولوژی در طی همه‌گیری COVID-19 با استفاده از روش FMEA منجر به ارائه ۲۲ اقدام کنترلی شد که پیاده‌سازی آن‌ها منجر به کاهش میانگین امتیاز ریسک از ۲۸۰ به ۱۶۸ شد [۱۸]. پیاده‌سازی روش FMEA برای کاهش ورود بیماران کووید-۱۹ بدون علامت به بخش اورژانس منجر به شناسایی ۲۲ حالت شکست، ۸۹ علت و اثر بالقوه خطا و ۲۳ اقدام بهبودی جهت مواجهه با ریسک شد و روش FMEA به عنوان ابزاری مفید برای پیش‌بینی حالات شکست و ارائه اقدامات بهبودی برای کاهش شیوع بیماری کووید-۱۹ گزارش شد [۱۹]. این مطالعه با هدف

<sup>5</sup> Failure Modes and Effects Analysis

<sup>6</sup> Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations

<sup>7</sup> Healthcare Failure Mode and Effects Analysis

<sup>8</sup> In Vitro Fertilization

<sup>1</sup> International Labour Organization

<sup>2</sup> World Health Organization

<sup>3</sup> Health Care Worker

<sup>4</sup> Occupational Health and safety

تعیین ایمنی و حفاظت شغلی کارکنان بهداشت و درمان بخش عفونی بیمارستان بوعلی زاهدان در مقابل ویروس کرونا به وسیله ارزیابی ریسک با روش FMEA صورت گرفت.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش از حیث هدف کاربردی، از حیث جمع‌آوری داده‌ها توصیفی-پیمایشی و از حیث تجزیه و تحلیل داده‌ها پژوهشی آمیخته (کمی-کیفی) می‌باشد. در این پژوهش تعیین محدوده ارزیابی ریسک و فرآیندهای دارای اولویت با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP<sup>۱</sup>)، شناسایی ریسک‌ها، تعیین مؤلفه‌های شدت، احتمال و قابلیت کشف ریسک، اولویت‌بندی و تعیین اثرات آن‌ها با روش FMEA صورت گرفت. جهت بهبود FMEA سنتی و اطمینان از اولویت‌بندی ریسک‌ها از روش FMEA موزون و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره کوپراس استفاده شد. سپس شناسایی علل ریشه‌ای خطا با تکنیک بارش افکار و طبقه‌بندی آن‌ها با مدل آینه‌دوون (ECM<sup>۲</sup>) صورت پذیرفت. در نهایت ارائه راهکارهای بهبودی جهت مقابله با ریسک‌ها بر اساس کاهش شدت و احتمال و افزایش قابلیت کشف ریسک ارائه شد.

### گام اول: تشکیل تیم FMEA و انتخاب نمونه پژوهش

جامعه آماری این پژوهش کارکنانی را شامل شد که از فرآیندهای بخش عفونی آگاهی کامل داشتند. نمونه‌گیری از نوع نمونه‌گیری مبتنی بر هدف و برای تشکیل تیم FMEA صورت پذیرفت. هدف از تشکیل تیم، جمع‌آوری نظرات اعضا از طریق فن بحث متمرکز گروهی (FGD<sup>۳</sup>) است [۲۰]. ضمن مشورت با کارشناس فنی بخش عفونی بیمارستان، تعداد ۶ نفر از کارکنان دارای سابقه تجربیات بالینی بالای ۱۰ سال با ماهیت چند تخصصی (چند رشته‌ای) به عنوان تیم FMEA انتخاب شدند.

### گام دوم: شناسایی فرآیندها و تعیین فرآیندهای اولویت‌دار

شناسایی فرآیندها و زیر فرآیندهای بخش عفونی بیمارستان با تکنیک بارش افکار، پرسش از مسئولان بخش عفونی و مطالعه اسناد و مدارک و تعیین فرآیندهای اولویت‌دار با استفاده از روش AHP صورت گرفت. روش AHP یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که توسط فردی به نام ساعتی<sup>۴</sup> مطرح گردید [۲۱]. از مزیت‌های این روش می‌توان کمک به تصمیم‌گیرندگان برای در نظر گرفتن و تعیین اثرات متقابل و هم‌زمان بسیاری از وضعیت‌های پیچیده و تعیین اولویت‌ها بر اساس دانش، اهداف و تجربه‌ی خود را نام برد [۲۲] و [۲۳].

### گام سوم: بررسی عمیق نمودار جریان فرآیند

در گام بعدی بررسی عمیق نمودار جریان فرآیند (PFD<sup>۵</sup>) برای

فرآیندهای اولویت‌دار صورت گرفت. نمودار جریان فرآیند به عنوان یکی از ابزارهای بهبود کیفیت، نشانگر نمایش گرافیکی مسیری است که فرآیند از ابتدا تا انتها طی می‌کند. این نمودار به مجزا سازی و بازبینی دقیق زیر فرآیندها جهت شناسایی حالات خطای بالقوه در هر یک از مراحل انجام فرآیند کمک می‌کند. دسترسی به این نمودار از بخش بهبود و کنترل کیفیت بیمارستان میسر گردید.

### گام چهارم: شناسایی حالات خطا و اثرات بالقوه آنها

شناسایی حالات خطا جهت کشف حالات خطای محتمل و آسیب‌زا به کارکنان در طول فرآیند صورت می‌گیرد. هر یک از حالات خطا می‌توانند یک یا چندین اثر مستقیم و غیرمستقیم، بلندمدت و کوتاه‌مدت، قابل جبران و غیرقابل جبران و محتمل یا غیرمحتمل داشته باشند [۲۴]. در این پژوهش شناسایی حالات خطا و اثرات بالقوه‌ی آن‌ها با استفاده از تکنیک بارش افکار صورت گرفت.

### گام پنجم: اولویت‌بندی حالات خطا با روش RPN سنتی

اگر سازمانی به این مهم پی نبرد که هر یک از حالات خطا در فرآیندهای جاری دارای چه درجه‌ای از بحران‌زایی و ایجاد مخاطره هستند، قادر به اولویت‌بندی صحیح خطاها نمی‌باشد [۲۵]. اولویت‌بندی خطاها امکان شناسایی مهم‌ترین آن‌ها را برای سازمان فراهم می‌آورد. همچنین سازمان را در رسیدن به هدف ساماندهی فرآیندها یاری می‌کند [۲۶]. امتیازدهی مؤلفه‌های حالات خطا با استفاده از یک مقیاس ده‌تایی توسط تیم در کار برگ استاندارد FMEA صورت گرفت و جهت اولویت‌بندی آن‌ها از عدد اولویت ریسک (RPN<sup>۶</sup>) استفاده شد که این شاخص از حاصل ضرب سه مؤلفه شدت وقوع خطا (S<sup>۷</sup>)، احتمال وقوع خطا (O<sup>۸</sup>) و قابلیت کشف (D<sup>۹</sup>) به دست می‌آید.

شدت خطا نشان‌دهنده‌ی آسیب‌ها و صدماتی است که بروز یک خطا به بار می‌آورد و برای مشخص کردن آن، اعضای تیم باید بر اثرات ناشی از بروز خطا متمرکز شوند [۲۷]. میزان احتمال رخداد یک حادثه را احتمال وقوع آن حادثه می‌نامند [۴]. قابلیت کشف معیاری برای میزان کشف یک حالت خطا و توجه به آن می‌باشد و هر چه میزان آن بیشتر باشد، حالت خطا با احتمال کمتری در معرض کشف و توجه قرار می‌گیرند [۲۸]. در این پژوهش شاخص RPN مقداری بین ۱۰۰۰-۱ را در بر می‌گیرد و هر چه RPN حالت خطایی بیشتر باشد، باید در اولویت بالاتری جهت کنترل قرار گیرد.

پس از اجرای روش FMEA، از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت بهبود این روش استفاده گردید.

### بهبود روش FMEA سنتی

از آنجایی که روش FMEA دارای کاستی‌ها از جمله وابستگی به نظرات اعضای تیم می‌باشد و تیم شامل اعضای با سطح دانش و

<sup>۶</sup> Risk Priority Number

<sup>۷</sup> Severity

<sup>۸</sup> Probability of Occurrence

<sup>۹</sup> Detectability

<sup>۱</sup> Analytical Hierarchy process

<sup>۲</sup> Eindhoven Classification Model

<sup>۳</sup> Focus Group Discussion

<sup>۴</sup> Tomas. L. Saaty

<sup>۵</sup> Process Flow Diagram

سپس شناسایی علل خطاهای بحرانی با استفاده از تکنیک بارش افکار و دسته‌بندی آن‌ها بر اساس مدل آینده‌وون صورت پذیرفت. مدل آینده‌وون در ابتدا برای طبقه‌بندی علل اصلی حوادث مرتبط با ایمنی در دانشگاه صنعتی آینده‌وون هلند توسعه داده شد و از آن زمان در محیط‌های صنعتی و درمانی به کار گرفته شد. این مدل خطاها را به دو دسته خطاهای آشکار (خطاهای انسانی و سایر خطاها) و خطاهای نهفته (خطاهای فنی و خطاهای سازمانی) تقسیم می‌کند [۳۴]. خطاهای انسانی توسط کارکنان رخ می‌دهند و به سه دسته مبتنی بر مهارت، مبتنی بر قاعده و مبتنی بر دانش تقسیم می‌شوند. خطاهای فنی و سازمانی به دلیل تحریم‌ها و تصمیمات مدیران رخ می‌دهد و بر مسائل فنی، سیاست سازمانی یا تخصیص منابع تأثیر می‌گذارد. این مدل خطاهایی را که نمی‌توان آشکار یا پنهان نامید، در دسته سایر خطاها قرار می‌دهد که چنین خطاهایی عموماً ناشی از عوامل مرتبط با بیمار است [۳۵]، [۳۶] و [۳۷]. در نهایت ارائه اقدامات اصلاحی جهت مقابله با ریسک بر اساس کاهش شدت، کاهش احتمال و افزایش قابلیت کشف ریسک نیز ارائه گردید.

### یافته‌ها

در این پژوهش ۷ فرآیند اصلی از جمله فرآیند پذیرش و معاینه اولیه در اورژانس، فرآیند ارزیابی و معاینه بیمار، فرآیند تجویز و مصرف دارو، فرآیند انجام آزمایشات (نمونه‌گیری)، فرآیند درخواست و انجام اقدامات پاراکلینیک، فرآیند انتقال بیمار به بخش ویژه (ایزوله یا آی سی یو) و فرآیند ترخیص شناسایی شد. نتایج اولویت‌بندی فرآیندها با روش AHP نشان داد سه فرآیند پذیرش در اورژانس با وزن ۰/۲۴۰، ارزیابی اولیه و ویزیت بیمار با وزن ۰/۲۳۸ و فرآیند انجام آزمایشات یا نمونه‌گیری با وزن ۰/۲۳۵ به ترتیب در سه رتبه نخست برای ارزیابی ریسک قرار دارند. در گام بعد تعداد ۵۸ حالت خطا و اثرات بالقوه آن‌ها شناسایی شد که تعداد ۶ حالت خطا (۱۰/۳۴٪) در دسته خطاهای مرتبط با هوا، ۱۹ خطا (۳۲/۷۶٪) در دسته محیط و تجهیزات، ۶ خطا در دسته ارتباطات (۱۰/۳۴٪)، ۱۰ خطا در دسته آگاهی از وضعیت (۱۷/۲۴٪)، ۷ خطا در دسته سیاست‌ها و پروتکل‌ها (۱۲/۰۷٪) و در نهایت ۱۰ خطا (۱۷/۲۴٪) در دسته خطاهای نیروی انسانی و اقدامات احتیاطی قرار گرفتند.

نتایج وزن دهی مؤلفه‌های O S و D برای هر حالت خطا با روش AHP نشان داد که شدت وقوع با وزن ۰/۷۱ در رتبه نخست اهمیت، احتمال وقوع با وزن ۰/۲۲ در رتبه دوم و قابلیت کشف با وزن ۰/۰۷ در رتبه سوم قرار دارد که این نتایج با پژوهش امیدوار و نیرومند [۳۱] همخوانی داشت. سپس اولویت‌بندی حالات خطا بر اساس RPN موزون و روش کوپراس نیز صورت پذیرفت. مقایسه رتبه‌بندی حالات خطا با استفاده از سه روش فوق در نمودار شکل ۱ ارائه شده است.

تجربه متفاوتی است، ارزیابی‌های آن‌ها دارای ذهنیت است. همچنین برخی از اعضای تیم ممکن است از تخصص یا دانش کافی برای ارزیابی دقیق حالات خطا برخوردار نباشند که در این صورت ارزیابی‌های آن‌ها دارای ابهام و تردید است [۲۹]. از کاستی‌های دیگر این روش می‌توان به یکسان در نظر گرفتن میزان اهمیت مؤلفه‌های شدت، احتمال وقوع و قابلیت کشف ریسک اشاره کرد [۳۰] و [۳۱]. به همین دلیل بسیاری از محققان به بهبود روش FMEA پرداخته‌اند. در این پژوهش جهت اطمینان از عدم ایجاد اثر هاله‌ای و ابهام در نظرات اعضای تیم FMEA، نظرسنجی از آن‌ها برای شناسایی حالات خطا به صورت جداگانه صورت گرفت و سپس با به کارگیری روش دلفی و به تأیید رسانیدن آن‌ها توسط تمامی اعضای تیم، نهایی شد. همچنین برای مشکل یکسان بودن اهمیت مؤلفه‌های شدت، احتمال و قابلیت کشف ریسک و اطمینان از اولویت‌بندی حالات خطا، از ترکیب روش FMEA با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده گردید.

### گام ششم: اولویت‌بندی حالات خطا با FMEA موزون و روش کوپراس

برای اولویت‌بندی حالات خطا با روش FMEA موزون، ابتدا مؤلفه‌های O S و D با روش AHP وزن دهی شده و RPN موزون محاسبه گردید. جهت اطمینان از اولویت‌بندی حالات خطا، از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره کوپراس نیز استفاده گردید [۳۲]. تکنیک کوپراس<sup>۱</sup> به عنوان یکی از تکنیک‌های نوین تصمیم‌گیری چند معیاره است که در آن تأثیر حداکثر سازی و حداقل سازی معیارها بر ارزیابی نتیجه به صورت مجزا در نظر گرفته می‌شود. تصمیم‌گیرنده با بهره‌گیری از این روش می‌تواند درجه اهمیت هر گزینه را تخمین زده و آن را بر اساس درصد نشان دهد که تا چه اندازه یک گزینه بهتر یا بدتر است و از این لحاظ مقایسه کاملی را میان گزینه‌ها انجام دهد [۳۳]. در نهایت به دلیل تفاوت در رتبه‌های کسب‌شده برای برخی از حالات خطا در سه روش اولویت‌بندی متفاوت از جمله FMEA سنتی، FMEA موزون و روش کوپراس، از روش‌های ادغام کپ<sup>۲</sup> لند<sup>۳</sup> و بردا<sup>۳</sup> استفاده گردید [۲۲] و رتبه‌بندی نهایی حالات خطای شناسایی شده ارائه شد.

### گام هفتم: شناسایی خطاهای بحرانی، دسته‌بندی علل خطا و ارائه راهکارهای اصلاحی

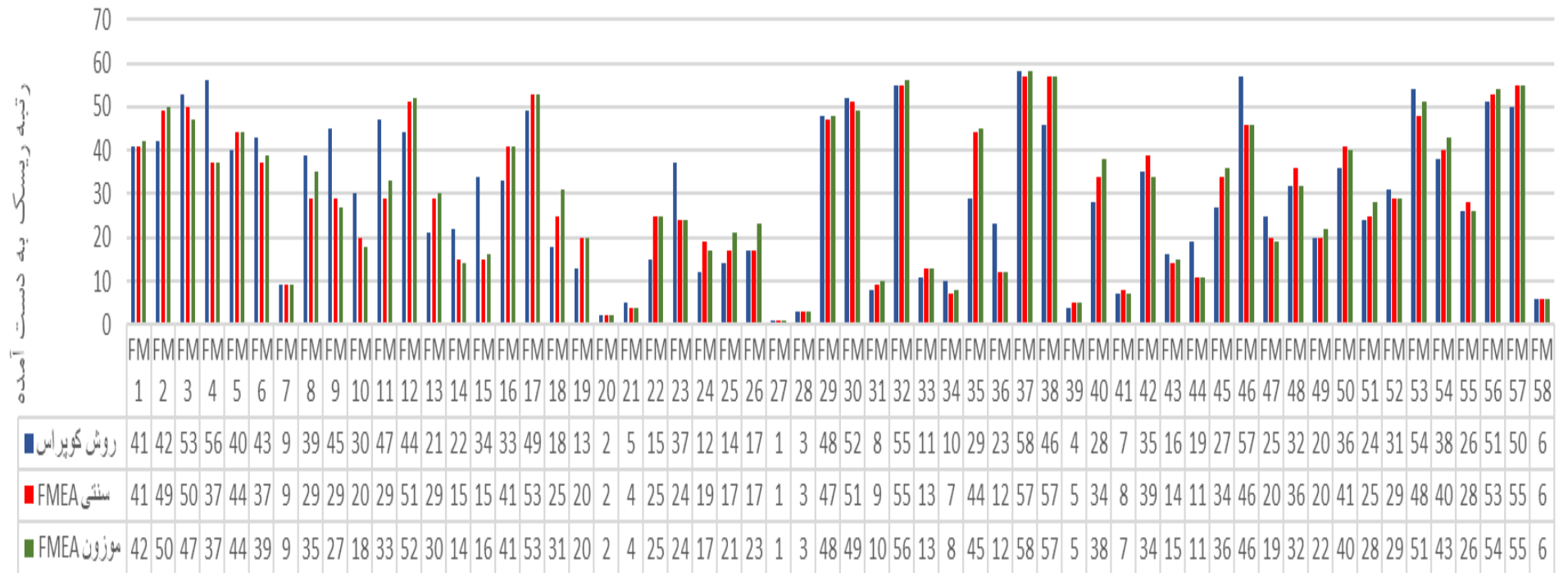
در این پژوهش حد RPN بر اساس نظر اعضای تیم FMEA، در سطح اطمینان ۹۰٪ عدد ۱۰۰ به دست آمد. به این معنا که خطراتی که RPN بالای ۱۰۰ دارند و حداقل یکی از مؤلفه‌های شدت، احتمال و یا قابلیت کشف در آن‌ها امتیاز ۱۰ را کسب کرده باشد، جز ریسک‌های بحرانی (غیرقابل قبول) دسته‌بندی می‌گردند.

<sup>1</sup> COPRAS: Complex Proportional Assessment

<sup>2</sup> Copeland method

<sup>3</sup> Borda method

## مقایسه رتبه ریسک ها در سه روش



## حالات خطای شناسایی شده

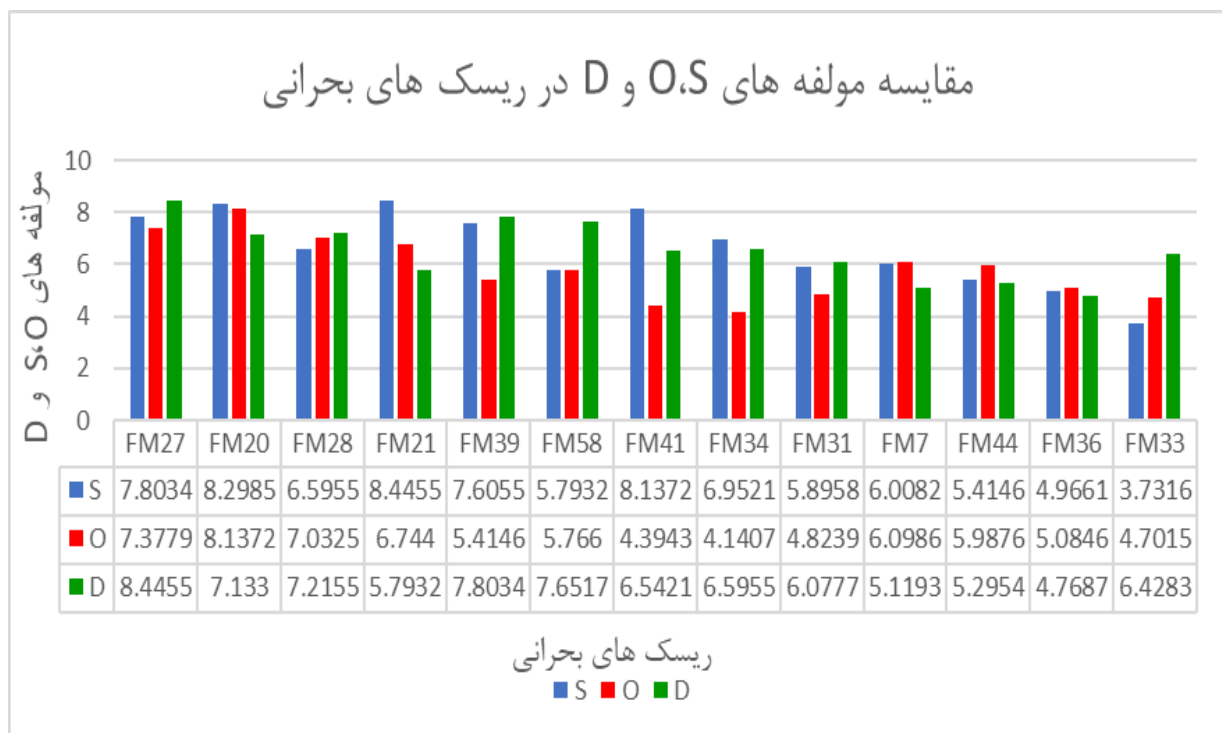
روش کوپراس    سنٹی FMEA    موزون FMEA

شکل ۱- مقایسه رتبه ریسک ها در سه روش FMEA سنتی، موزون و کوپراس

و افزایش قابلیت کشف ریسک برای ریسک‌های بحرانی صورت گرفت که نتایج آن در جدول ۱ ارائه گردید. ارائه راهکارهای اصلاحی بر اساس شدت، احتمال و قابلیت کشف مستلزم پی بردن و مقایسه میزان این مؤلفه‌ها برای هر یک از حالات خطا می‌باشد. برای این منظور نمودار مقایسه مؤلفه‌های هر یک از حالات خطای بحرانی و میزان امتیازات مؤلفه‌های S، O و D در شکل ۲ ارائه شده است. مطابق شکل ۲، بیشترین میزان شدت وقوع مربوط به FM<sub>21</sub>، بیشترین احتمال وقوع مربوط به FM<sub>20</sub> و بیشترین قابلیت کشف مربوط به FM<sub>27</sub> می‌باشد.

در سطح اطمینان ۹۰٪، ۱۳ حالت خطای بحرانی (RPN بالای ۱۰۰) شناسایی و برای ادامه تحلیل به درخت تصمیم‌گیری منتقل شدند. ۲۳٪ خطاهای بحرانی در دسته محیط و تجهیزات، ۲۳٪ در دسته ارتباطات، ۳۸٪ در دسته درک موقعیت (آگاهی از وضعیت)، ۸٪ در دسته سیاست‌ها و پروتکل‌ها و ۸٪ در دسته خطاهای نیروی انسانی قرار گرفتند.

شناسایی علل ریشه‌ای حالات خطا با روش بارش افکار، دسته‌بندی آن‌ها بر اساس مدل آینده‌وون و در نهایت ارائه راهکارهای اصلاحی بر اساس کاهش شدت، کاهش احتمال



شکل ۲- مقایسه مؤلفه‌های شدت، احتمال و قابلیت کشف در ریسک‌های بحرانی

جدول ۱- اولویت بندی حالات خطای بحرانی (غیر قابل قبول)، دلایل و راهکارهای اصلاحی

حالات خطا	حالات خطا	RPN	اولویت	علل ایجاد خطا	دسته بندی علل خطا	راهکارهای اصلاحی جهت مقابله با ریسک
FM <sub>27</sub>	عدم گزارش تماس حفاظت نشده کارکنان با بیمار مشکوک به کرونا به سوپروایزر یا مسئول بخش	۵۱۲	۱	-عدم درک موقعیت و آگاهی از وضعیت حساس اپیدمی توسط کارکنان -فراموشی و یا عدم توجه به این مسئله به علت خستگی و حجم کاری بالا -عدم وجود فرهنگ مناسب و احساس نیاز در اطلاع رسانی به سوپروایزر توسط کارکنان	خطای انسانی و سازمانی	استراتژی افزایش قابلیت کشف: -تهیه چک لیست های بررسی عفونت و نظارت بر تکمیل آن ها در پایان هر شیفت -چک کردن و بررسی تب و سایر علائم تنفسی کارکنان در مواجهه مستقیم با بیماران کرونایی در پایان هر شیفت
FM <sub>20</sub>	خطرات needle stick	۴۴۸	۲	-عدم دسترسی به Safety Box مقاوم به سوراخ شدگی و نشت مایعات -در اولویت قرار نگرفتن تصمیمات مرتبط با کفایت تجهیزات موجود (مانند Safety Box) به خصوص در آزمایشگاه و بخش های درمانی -عدم آگاهی از اثرات جبران ناپذیر needle stick و عدم احتیاط در به کار بردن و دفع اجسام تیز توسط کارکنان آزمایشگاه و بخش های درمانی	خطاهای سازمانی و فنی و انسانی	استراتژی افزایش قابلیت کشف: -انجام آزمایشات ادواری برای تشخیص بیماری های انتقال یافته از این طریق مانند هیپاتیت و ایدز -استفاده از چک لیست های عفونت برای تشخیص کارکنان آسیب دیده استراتژی کاهش شدت وقوع: -آموزش به کارکنان بخش های آزمایشگاه و نمونه گیری در خصوص احتیاطات لازم و اهمیت اطلاع رسانی به مسئول بخش در صورت آسیب دیدگی -محدودسازی استفاده از اجسام نوک تیز -عدم درپوش گذاری مجدد سرسوزن (Recapping) و استفاده از Safety Box به جای آن
FM <sub>28</sub>	عدم تحت نظر بودن کارکنان دارای تماس حفاظت نشده تا زمان رد تشخیص (یا چهارده روز پس از تماس) از نظر بروز تب و علائم تنفسی و گوارشی	۳۴۳	۳	-نقص در پیگیری وضعیت سلامت کارکنان به وسیله ی چک لیست عفونت توسط سوپروایزر کنترل عفونت -کمبود نیروی انسانی سالم جهت جایگزینی -کمبود دانش و تجربه ی کارکنان به دلیل جدید بودن مشکلات اپیدمی -نقص در پروتکل ها و دستورالعمل ها توسط کارکنان	خطاهای سازمانی و انسانی	استراتژی افزایش قابلیت کشف: -پیگیری و کنترل سلامتی کارکنان به وسیله ی چک لیست های عفونت توسط سوپروایزر و یا مسئول عفونی بخش -آگاه سازی و آموزش به سوپروایزر از اهمیت بررسی وضعیت کارکنان و عواقب عدم رعایت آن استراتژی کاهش احتمال وقوع: -افزایش ظرفیت کارکنان و نیروی کار جایگزین -کاهش تأخیر در گزارش دهی وضعیت سلامتی کارکنان دارای تماس تا حد ممکن

حالات خطا	حالات خطا	RPN	اولویت	علل ایجاد خطا	دسته بندی علل خطا	راهکارهای اصلاحی جهت مقابله با ریسک
FM <sub>21</sub>	ضعف در جمع آوری و حمل و نقل پسماندهای عفونی تا محل بی خطر سازی زباله های عفونی	۳۳۶	۴	<p>سهل انگاری و بی توجهی کارکنان خدماتی در چسباندن برچسب و یا استفاده از کیسه های مخصوص زباله های عفونی</p> <p>نقص در فرآیند جمع آوری تمامی وسایل عفونی بیمار توسط کارکنان خدماتی</p> <p>نقص و تأخیر در فرآیند تعویض وسایل حفاظت شخصی کارکنان پس از معاینه بیمار توسط کارکنان</p> <p>خارج کردن وسایل عفونی بیمار و کارکنان از اتاق بیمار توسط کارکنان خدماتی</p> <p>نقص در فرآیند انتقال و تفکیک زباله های عفونی از سایر زباله ها توسط کارکنان خدماتی</p>	خطای انسانی	<p>استراتژی کاهش شدت وقوع:</p> <p>-آموزش به کارکنان خدماتی و سایر کارکنان از طریق انیمیشن سازی مراحل جمع آوری و دفع زباله های عفونی</p> <p>-اختصاص مکانی مشخص در محل ورودی اتاق بیمار برای تعویض وسایل حفاظت فردی کارکنان</p> <p>-عدم خروج وسایل آلوده بیمار و یا وسایل حفاظت فردی کارکنان از اتاق بیمار و انجام فرآیند تفکیک و بسته بندی در اتاق بیمار توسط کارکنان خدماتی</p> <p>-عدم تأخیر در تحویل زباله های عفونی برای فرآیند امحاء زباله توسط کارکنان خدماتی</p>
FM <sub>39</sub>	نقص در اقدامات احتیاطی در شرایط اضطراری مانند شکستن ظرف و ریختن نمونه های عفونی	۳۲۰	۵	<p>نقص در فرآیند اطلاع رسانی در خصوص اقدامات لازم برای جلوگیری و یا هنگام مواجهه با این شرایط به تمامی کارکنان دخیل در نمونه گیری و انتقال آن</p> <p>خطاهای انسانی در مدیریت شرایط به دلیل اضطراب از دست دادن نمونه</p> <p>عدم مهارت در انجام وظیفه و عدم احتیاط لازم توسط کارکنان</p> <p>- ضعف در آموزش و تمرین کافی به تمامی کارکنان دخیل در نمونه گیری و انتقال آن</p>	خطای انسانی و سازمانی	<p>استراتژی کاهش شدت وقوع:</p> <p>-صحنه سازی شرایط مشابه جهت تمرین کارکنان به همراه نظارت و آموزش</p> <p>-استفاده از ظروف سه لایه مخصوص برای حمل نمونه های عفونی خطرناک</p> <p>-آموزش حفظ خونسردی و چگونگی پاک سازی و گندزدایی محیط به کارکنان</p> <p>-آموزش چگونگی دفع و یا گندزدایی وسایل حفاظت فردی آلوده به کارکنان</p>
FM <sub>58</sub>	ترس از خوردن و یا آشامیدن در محیط آلوده و یا دشواری آن به دلیل وجود پوشش و وسایل حفاظت فردی مانند ماسک و شیلد	۲۸۸	۶	<p>عدم وجود مکانی امن برای تغذیه و استراحت کارکنان</p> <p>-کمبود زمان استراحت کارکنان و دشوار بودن تعویض و خارج کردن وسایل حفاظت فردی</p> <p>عدم اطمینان کارکنان از فرآیندهای تهیه و توزیع غذا</p>	خطای انسانی	<p>استراتژی افزایش قابلیت کشف:</p> <p>-انجام چک آپ و آزمایش های ادواری جهت اطمینان از وضعیت جسمانی و سلامت کارکنان</p> <p>استراتژی کاهش شدت وقوع:</p> <p>-اختصاص مکانی امن به همراه تجهیزات ضد عفونی و امکان تعویض لباس و وسایل حفاظت فردی آلوده در بیرون از این مکان برای کارکنان</p> <p>-افزایش نظارت بر روند آماده سازی و بسته بندی غذای کارکنان و دادن اطمینان به آن ها در دسترسی به غذای پاکیزه</p>



حالات خطا	حالات خطا	RPN	اولویت	علل ایجاد خطا	دسته‌بندی علل خطا	راهکارهای اصلاحی جهت مقابله با ریسک
FM <sub>41</sub>	نقص در فرآیند پیچیدن و انتقال جسد بیمار کرونایی به سردخانه مطابق دستورالعمل‌ها توسط کارکنان کمک بهیار و خدماتی	۱۹۲	۷	-ضعف در آگاهی بخشی کارکنان کمک درمانی (بهیار یا بیماریار) از پروتکل‌ها -همکاری و کار تیمی ناقص کارکنان کمک درمانی در پیچیدن و انتقال جسد -عدم توجه به کفایت وسایل محافظت فردی برای کارکنان کمک درمانی به اندازه‌ی کارکنان در مواجهه مستقیم با بیماران	بیماری و نفسی و جراحی سریع	استراتژی کاهش شدت وقوع: -آموزش به کارکنان و نظارت بر کار آن‌ها در طی فرآیند -استفاده از تابلوها و دستورالعمل‌های دربرگیرنده اقدامات احتیاطی در معرض دید کارکنان خدماتی -امکان دسترسی کارکنان خدماتی به تجهیزات و وسایل گندزدایی کافی -تعریف و ابلاغ پروتکل‌های چگونگی انتقال جسد و دفع وسایل حفاظت فردی آلوده به کارکنان خدماتی
FM <sub>34</sub>	نقص در فرآیند نگهداری و دفع وسایل حفاظت فردی یک‌بارمصرف	۱۹۶	۸	-ضعف در سیستم آموزش و اطلاع‌رسانی به کارکنان -نادیده گرفتن یا متوجه نشدن پارگی و آسیب به وسایل حفاظت فردی توسط کارکنان -دفع ناقص وسایل و تجهیزات استفاده‌شده توسط کارکنان	بیماری و نفسی و جراحی سریع	استراتژی کاهش شدت وقوع: -آموزش کارکنان در خصوص نگهداری و دفع این وسایل از طریق انیمیشن سازی و نصب بنرهای آموزشی -آموزش رعایت احتیاطات لازم در صورت آسیب به وسایل حفاظت فردی و چگونگی تعویض و دفع مطابق پروتکل‌ها -قرار گرفتن وسایل حفاظت فردی در اختیار کادر درمان به میزان کافی و عدم کمبود آن
FM <sub>31</sub>	عدم محدودسازی تردد و جابجایی بیمار کرونایی به سایر بخش‌ها و حداقل سازی فضای مشترک	۱۸۰	۹	-عدم وجود تجهیزات آزمایشگاهی و پاراکلینیکی در بخش بستری بیماران کرونایی -کمبود ظرفیت اتاق‌ها و تخت‌های بستری	بیماری و نفسی و جراحی سریع	استراتژی کاهش شدت وقوع: -فراهم آوردن شرایط نمونه‌گیری مانند گرفتن نمونه‌های خون در اتاق بیمار -آموزش دستورالعمل‌های انتقال ایمن بیماران به بخش‌های دیگر جهت اقدامات پاراکلینیکی در صورت لزوم به تمامی کارکنان دخیل در انتقال بیماران -بهبود روند جریان بیمار جهت اقدامات پاراکلینیکی و نظارت بر آن -انجام دقیق و کامل فرآیند ضدعفونی و گندزدایی دستگاه‌های مورد استفاده برای بیماران کرونایی مانند دستگاه سی تی اسکن و اطمینان از عدم آسیب به دستگاه‌ها
FM <sub>7</sub>	ضعف در ضدعفونی و گندزدایی محیط آمبولانس و تجهیزات آن پس از انتقال بیمار کرونایی مطابق دستورالعمل	۱۸۰	۱۰	-فراموشی و سهل انگاری کارکنان آمبولانس به دلیل حجم کاری بالا -وجود فرهنگ و تفکر غلط جایگزین سازی استفاده از وسایل حفاظت فردی به جای ضدعفونی و گندزدایی برای محافظت از خود -کمبود زمان برای کارکنان و وجود بیماران بدحال جهت انتقال که باعث نقص در فرآیند ضدعفونی می‌شود. -عدم وجود آمبولانس به تعداد کافی و مشغول بودن دائمی دستگاه‌های آمبولانس موجود	بیماری و نفسی و جراحی سریع	استراتژی کاهش شدت وقوع: -قرار دادن وسایل ضدعفونی به میزان کافی در اختیار کارکنان اورژانس و در آمبولانس -فرهنگ سازی و آموزش در خصوص عدم کفایت جایگزینی وسایل حفاظت فردی به جای فرآیندهای ضدعفونی -افزایش تعداد آمبولانس‌ها یا تغییر شیفت کارکنان جهت متعادل سازی حجم کاری آن‌ها -اطمینان از کارکرد صحیح سیستم تهویه آمبولانس و یا باز کردن شیشه‌ها در صورت امکان

حالات خطا	حالات خطا	RPN	اولویت	علل ایجاد خطا	دسته بندی علل خطا	راهکارهای اصلاحی جهت مقابله با ریسک
FM <sub>44</sub>	ضعف در حمایت روانی کارکنان جهت کاهش استرس و اضطراب	۱۵۰	۱۱	-اولویت تصمیمات مدیریت درباره‌ی وضعیت جسمانی کارکنان -عدم نظارت و پایش روحیه کارکنان به دلیل حجم بالای کار و شرایط حساس اپیدمی	خطای سازمانی	استراتژی کاهش احتمال وقوع: -افزودن برنامه‌های تشویقی مانند حقوق و دستمزد اضافه، رایگان سازی دسترسی به برخی از امکانات و ... برای کارکنان -ایجاد فرهنگ سازمانی حمایت از همکاران علاوه بر حمایت مدیران از کارکنان -ایجاد امکان دسترسی به تراپیست و مشاور جهت کاهش و رفع اضطراب در طی اپیدمی برای کارکنان -تقویت سیستم اطلاع‌رسانی و تجلیل از جایگاه ویژه و منحصر به فرد کارکنان کادر درمان در گذر از شرایط اپیدمی
FM <sub>36</sub>	نقص در روند آماده‌سازی و بسته بندی غذا توسط کارکنان آشپزخانه برای پیشگیری از انتقال ویروس	۱۲۵	۱۲	-تازه کار بودن کارکنان آشپزخانه و عدم مهارت در انجام درست وظیفه -محدودیت استفاده از ضد عفونی کننده برای محیط و وسایل آشپزخانه به دلیل ایجاد مسمومیت غذایی برای کارکنان	خطای انسانی و فنی	استراتژی کاهش شدت وقوع: -انتصاب شخصی باتجربه به عنوان ناظر در آشپزخانه و دریافت گزارش تخلفات از پروتکل‌ها از وی -گندزدایی مرتب وسایل جابه‌جایی و انتقال غذا به صورت مرتب -استفاده از قاشق، چنگال و بشقاب یک‌بار مصرف و سرو نمک، سماق و ... در بسته‌های یک‌بار مصرف -آموزش تمامی کارکنان آشپزخانه و کسب اطمینان از استفاده آن‌ها از وسایل حفاظت فردی در تمامی مراحل آماده‌سازی غذا
FM <sub>33</sub>	نقص در فرآیندهای نگهداری، آلودگی‌زدایی و ذخیره وسایل حفاظت فردی غیر یک‌بار مصرف جهت استفاده بعدی	۱۲۰	۱۲	-عدم آموزش و آگاهی بخشی به کارکنان -انجام نادرست و کمبود مهارت کارکنان در نگهداری و آلودگی‌زدایی وسایل حفاظت فردی غیر یک‌بار مصرف	خطای انسانی و سازمانی	استراتژی افزایش قابلیت کشف: -استفاده از چک‌لیست‌ها و بررسی انجام صحیح فرآیند نگهداری، گندزدایی و ذخیره وسایل برای کارکنان -آموزش به کارکنان جهت اطلاع‌رسانی در صورت آسیب به وسایل حفاظت فردی -تخصیص مکانی مشخص جهت نگهداری و ذخیره این وسایل و دسترسی به تجهیزات گندزدایی در این مکان

## بحث

تعیین ریسک‌ها و خطاهای موجود در هر سازمان از جمله بیمارستان‌ها، به عوامل محیطی، فرهنگ سازمانی، چیدمان و برنامه‌ریزی فعالیت‌ها و ... بستگی دارد. در نتیجه در مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش با سایر بیمارستان‌ها و حتی با بخش‌های دیگر بیمارستان محدودیت وجود دارد؛ زیرا علاوه بر حالات خطا، مؤلفه‌های شدت، احتمال و قابلیت کشف خطا نیز از بخش به بخش دیگر سازمان و یا از سازمانی به سازمان دیگر متفاوت است؛ بنابراین تنها مقایسه میزان کاربرد و بهبود این روش با استفاده از روش‌های دیگر و توانایی این روش در ارزیابی ریسک سازمان امکان‌پذیر می‌باشد.

در این پژوهش جهت شناسایی ریسک‌های بخش عفونی بیمارستان بوعلی از تکنیک FMEA به عنوان یکی از تکنیک‌های مدیریت ریسک استفاده گردید. در بسیاری از تحقیقات مشابه صورت گرفته در بخش‌های بیمارستانی نیز روش FMEA با هدف پیاده‌سازی اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی برای کاهش خطر انتقال ویروس SARS-COV-2 در بیمارستان [۳۸]، کاهش شیوع ویروس [۳۹] و محافظت از کارکنان [۴۰] اجرا شده است.

بر اساس دستورالعمل روش FMEA، افراد تیم از بین صاحب‌نظران فرآیندهای بخش عفونی، با روش نمونه‌گیری مبتنی بر هدف، ۶ نفر انتخاب شدند. در تحقیقات صورت گرفته تعداد اعضای تیم معمولاً بین ۵-۱۰ نفر بوده است. به عنوان مثال در پژوهشی تعداد آن‌ها ۱۰ نفر [۴۱]، در جایی دیگر ۵ نفر [۴۲] و در پژوهشی دیگر ۸ نفر انتخاب شد [۱۵]. جهت تعیین محدوده مورد مطالعه برای ارزیابی ریسک از بین فرآیندها، از روش تصمیم‌گیری AHP استفاده گردید که با نتایج پژوهش طاهری ناقمی و همکاران همخوانی داشت [۱۵]. همچنین در سایر پژوهش‌ها از روش رتبه‌بندی مبتنی بر رأی‌گیری به عنوان یکی دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است که از نظر به کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با این پژوهش‌ها همخوانی دارد [۴۳] و [۴۴].

پس از تعیین محدوده مطالعه، سه فرآیند اولویت‌دار تشخیص داده شد و شناسایی حالات خطا در آن‌ها صورت گرفت. در نهایت به اولویت‌بندی حالات خطای شناسایی شده با روش FMEA در ترکیب با روش‌های MCDM<sup>۱</sup> پرداخته شد. ارزیابی ریسک با به کارگیری این روش‌ها را می‌توان در مطالعات مختلفی از جمله ارزیابی ریسک با به کارگیری روش‌های ترکیبی مانند پرومته، تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل

رابطه خاکستری (GRA)<sup>۲</sup> [۴۵]، ترکیب مجموعه‌های فازی شهودی<sup>۳</sup> با روش تاپسیس [۴۶] و استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در کنار روش FMEA [۴۷] مشاهده کرد که در اثبات توانایی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره جهت اولویت‌بندی ریسک‌ها با این پژوهش همخوانی داشت. همچنین اساس بسیاری از مطالعات بر پایه بهبود روش FMEA سنتی بوده است که این امر در این پژوهش نیز با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره صورت گرفت. در تحقیقات مشابه نیز به بهبود روش FMEA سنتی با روش‌های MCDM پرداخته شده است. به عنوان مثال بهبود روش FMEA سنتی با افزودن تکنیک مجموعه‌های فازی شهودی [۴۸] و [۴۹]، بهبود روش FMEA سنتی با تئوری راف<sup>۴</sup> و روش تصمیم‌گیری چند معیاره تاپسیس [۵۰]، بهبود روش FMEA سنتی با تکنیک فازی شهودی بدترین-بهترین<sup>۵</sup> [۵۱] و بهبود روش FMEA سنتی با تکنیک MULTI MOORA [۵۲] صورت گرفت که روش‌های بهبود در این پژوهش از لحاظ متدولوژی با تحقیقات مشابه همخوانی داشت.

پس از تشخیص خطاهای بحرانی، تحلیل علل ریشه‌ای خطا و ارائه اقدامات اصلاحی با تکنیک بارش افکار صورت گرفت و در نهایت به طبقه‌بندی علل خطا با روش آینده‌وون پرداخته شد. به کارگیری روش آینده‌وون جهت طبقه‌بندی علل خطا در تحقیقاتی نظیر [۵۳] و [۱۵] با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

## نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت نقش کارکنان بخش بهداشت و درمان در کنترل همه‌گیری، هدف از این پژوهش تأمین ایمنی شغلی کارکنان بهداشت و درمان در بخش عفونی بیمارستان بوعلی شهر زاهدان بود. برای این منظور از تکنیک ارزیابی ریسک FMEA در طی همه‌گیری کرونا استفاده گردید. پس از شناسایی ۵۸ حالت خطای آسیب‌زا به کارکنان و تعیین مؤلفه‌های S، O و D، به اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از سه روش FMEA سنتی، FMEA موزون و روش کوپراس پرداخته شد. پس از تعیین اولویت هر یک از حالات خطا جهت کنترل و نظارت، در سطح اطمینان ۹۰٪، ۱۳ خطای بحرانی (RPN بیشتر از ۱۰۰) شناسایی شد. سپس به شناسایی علل ریشه‌ای خطاهای بحرانی بر اساس روش بارش افکار و طبقه‌بندی آن‌ها طبق روش آینده‌وون پرداخته شد و در نهایت راهکارهای

<sup>۲</sup> Gray Relational Analyze

<sup>۳</sup> IVIFS: Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Set

<sup>۴</sup> Rough Set Theory

<sup>۵</sup> IFMBWM: Intuitionistic Fuzzy Multiplicative Method

<sup>۱</sup> Multiple Criteria Decision Making

تجهیزات و تأسیسات آزمایشگاهی، کارکنان کادر درمان و وسایل حفاظت فردی می‌باشد.

### محدودیت‌های پژوهش

۱- اجرای روش FMEA در سازمان‌های وابسته به بهداشت و درمان، علیرغم نقاط قوت و فواید خود، به دلیل مشغله زیاد کادر درمان، تعداد زیاد فعالیت‌ها و خطاهای قابل شناسایی جهت ارزیابی ریسک و حساسیت کاری بالا، از دشواری اجرا و محدودیت زمان بر بودن برخوردار است.

۲- تعیین ریسک‌ها و خطاهای موجود در هر سازمان از جمله بیمارستان‌ها، به عوامل محیطی، فرهنگ‌سازمانی، چیدمان و برنامه‌ریزی فعالیت‌ها و ... بستگی دارد. در نتیجه در مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش با سایر بخش‌های بیمارستان محدودیت وجود دارد؛ زیرا علاوه بر حالات خطا، مؤلفه‌های شدت، احتمال و قابلیت کشف خطا نیز از بخش به بخش دیگر سازمان و یا از سازمانی به سازمان دیگر متفاوت است؛ بنابراین تنها مقایسه میزان کاربرد و بهبود این روش با استفاده از روش‌های دیگر و توانایی این روش در ارزیابی ریسک سازمان امکان‌پذیر می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه با عنوان "ارائه مدلی جهت حفاظت شغلی کارکنان بخش بهداشت و درمان به وسیله‌ی ارزیابی ریسک انتقال ویروس کرونا با استفاده از روش FMEA" از دانشگاه سیستان و بلوچستان، در سال ۱۴۰۰ می‌باشد.

حامی مالی: ندارد.

تعارض در منافع: گزارش نشده است.

اصلاحی جهت بهبود ریسک‌های بحرانی بر اساس کاهش شدت و احتمال وقوع و یا افزایش قابلیت کشف ارائه گردید. شناسایی ۵۸ حالت خطا، پرداختن به اثرات آن‌ها، شناسایی، تحلیل و طبقه‌بندی علل ریشه‌ای خطا و همچنین ارائه اقدامات اصلاحی، همگی حاکی از قابلیت و توانایی روش FMEA جهت ارزیابی ریسک بخش‌های حساسی از جمله بخش‌های بیمارستانی است. در نتیجه روش FMEA قادر به شناسایی حالات خطا و کاهش پیامدهای آن‌ها بوده و می‌تواند در بهبود کیفیت و کاهش ریسک مورد استفاده قرار گیرد. تکنیک‌های مدیریت ریسک به همراه تعهد مدیران و تجدید سیاست‌های سازمانی، می‌تواند اثربخشی این فعالیت‌ها را تضمین کند.

### پیشنهادات

۱- تعیین تاثیر هر یک از ریسک‌های بحرانی بر فعالیت‌های سازمان از لحاظ زمان، منابع و هزینه و شبیه‌سازی زمان و هزینه با استفاده از ابزارهای مرتبط با آن.

۲- اجرای استراتژی‌های مقابله با ریسک بر اساس نظرات مقامات بالادستی و مدیران بیمارستان و انتخاب بهینه‌ترین آن‌ها از لحاظ هزینه، زمان و منابع، طراحی مجدد فرآیند و مقایسه میزان مؤلفه‌های شدت، احتمال و قابلیت کشف ریسک برای هر یک از حالات خطا با میزان فعلی آن‌ها.

۳- به کارگیری استراتژی مدیریت و ارزیابی ریسک "Five P" که شامل تمرکز بر موارد Pathogen, Procedures, Place (Laboratory facility), personnel & Personal Protective Equipment می‌باشد. اساس این تکنیک، تمرکز و ارزیابی ریسک در محدوده عوامل بیماری‌زا، روند و رویه انجام کارها،

## References

1. WHO. Getting your workplace ready for COVID-19: How COVID-19 spreads. 2020; Available from: <https://www.who.int/publications/m/item/getting-your-workplace-ready-for-covid-19-how-covid-19-spreads>.
2. ILO, I.L.O. Quick guide on sources and uses of statistics on occupational safety and health. 2020; Available from: [https://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/publications/WCMS\\_759401/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/publications/WCMS_759401/lang--en/index.htm).
3. Curtis, S., et al., Failure modes and effects analysis to assess COVID-19 protocols in the management of obstetric emergencies. *BMJ Simulation and Technology Enhanced Learning*, 2021. 7(4): p. 259.
4. Wang, P., Chapter 7 - Failure Modes and Effects Analysis with Summary, in *Civil Aircraft Electrical Power System Safety Assessment*, P. Wang, Editor. 2017, Butterworth-Heinemann. p. 187-216.
5. Gammarano, R., COVID-19 and the new meaning of safety and health at work, in *ILOSTAT*. 2020, International Labour Organization )LIO(
6. Liu, Y.-C., R.-L. Kuo, and S.-R. Shih, COVID-19: The first documented coronavirus pandemic in history. *Biomedical Journal*, 2020. 43(4): p. 328-333.
7. WHO, W.H.O. Coronavirus disease (COVID-19). 2019; Available from: <https://www.who.int/health-topics/coronavirus>.
8. Khalil, M.M., et al., Role of Personal Protective Measures in Prevention of COVID-19 Spread Among Physicians in Bangladesh: a Multicenter Cross-Sectional Comparative Study. *SN comprehensive clinical medicine*, 2020: p. 1-7.
9. Piccoli, L., et al., Risk assessment and seroprevalence of SARS-CoV-2 infection in healthcare workers of COVID-19 and non-COVID-19 hospitals in Southern Switzerland. *The Lancet Regional Health - Europe*, 2020. 1: p. 100013.
10. Mohajeri, L., M.A. Zahed, and M. Pakravan, Health and Well-being Challenges of Workers on the Upstream Sector in the Oil and Gas Industry. *SSUJ*, 2021. 19(6): p. 108-120 )Persian).
11. Gul, M. and M.F. Ak, A comparative outline for quantifying risk ratings in occupational health and safety risk assessment. *Journal of Cleaner Production*, 2018. 196: p. 653-664.
12. Kolich, M., Using Failure Mode and Effects Analysis to design a comfortable automotive driver seat. *Applied ergonomics*, 2014. 45.
13. Babaei-Pouya, A. and A. Lotfollahzadeh, Evaluation of Technological Hazards in Ardabil Hospitals Using the FMEA Method in 1397. *arumshealth*, 2021. 12(2): p. 198-207 )Persian).
14. Mohammadfam, I., et al., Assessing the Risk of COVID-19 in Workplace Environments using Rapid Risk Analysis. *Journal-Mil-Med*, 2020. 22(6): p. 607-615 )Persian).
15. Taheri Namaghi, M., et al., CLINICAL RISK ASSESING AND MANAGEMENT IN MEDICATION PROCESS OF CCU BY HFMEA. *UNMF*, 2019. 17(7): p. 546-562 )Persian).
16. Maggiulli, R., et al., Assessment and management of the risk of SARS-CoV-2 infection in an IVF laboratory. *Reprod Biomed Online*, 2020. 41(3): p. 385-394.
17. Yu, J., et al., 1695P Risk assessment of admission procedures for cancer patients during the convalescence of COVID-19. *Annals of Oncology*, 2020. 31: p. S1001-S1001.
18. Viscariello, N., et al., A multi-institutional assessment of COVID-19-related risk in radiation oncology. *Radiother Oncol*, 2020. 153: p. 296-302.
19. Teklewold, B., et al., Use of Failure Mode and Effect Analysis to Reduce Admission of Asymptomatic COVID-19 Patients to the Adult Emergency Department: An Institutional Experience. *Risk management and healthcare policy*, 2021. 14: p. 273-282.
20. Dadfar, S., S. AbrishamehForoushanAsl, and M. Khanupour, Risk assessment by FMEA method. 1395: *Royan PajooH*. )Persian).
21. Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. 1 ed. 1980, United Kingdom: McGraw-Hill International Book Company.
22. Momeni, M., *New Operations Research Topics*. 1396: Moalef Publications. )Persian).
23. Singh, L.P. and H. Suthar, DEVELOPMENT OF RISK ASSESSMENT METHOD FOR SMALL SIZED HOSPITALS USING AHP: A CASE IN NORTHERN INDIA. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 2021. 13(2).
24. Govindarajan, R. and M. Laeequddin, Failure mode and effect analysis (FMEA) of radiotherapy. *Emerald Emerging Markets Case Studies*, 2020. 10(4): p. 1-22.
25. Carnero, M.C., Waste Segregation FMEA Model Integrating Intuitionistic Fuzzy Set and the PAPRIKA Method. *Mathematics*, 2020. 8(8).
26. Liu, H.-C., et al., Failure mode and effect analysis using multi-criteria decision making methods: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 2019. 135: p. 881-897.
27. Yener, Y. and G.F. Can, A FMEA based novel intuitionistic fuzzy approach proposal: Intuitionistic fuzzy advance MCDM and mathematical modeling integration. *Expert Systems with Applications*, 2021. 183: p. 115413.
28. Kritzinger, D., 5 - Failure Modes and Effects Analysis, in *Aircraft System Safety*, D. Kritzinger, Editor. 2017, Woodhead Publishing. p. 101-132.

29. Liu, H.-C., et al., A Novel Approach for FMEA: Combination of Interval 2-Tuple Linguistic Variables and Gray Relational Analysis. *Quality and Reliability Engineering International*, 2015. 31(5): p. 761-772.
30. Chanamool, N. and T. Naenna, Fuzzy FMEA application to improve decision-making process in an emergency department. *Applied Soft Computing*, 2016. 43: p. 441-453.
31. Omidvar, M. and F. Nirumand, Risk assessment using FMEA method and on the basis of MCDM, fuzzy logic and grey theory: A case study of overhead cranes. *jhswh*, 2017. 7(1): p. 63-76 (Persian).
32. Ezatullah Asgharizadeh and A. MohammadiBalani., Multi-criteria decision making techniques. 1397: University of Tehran Press. (Persian)
33. Yücenur, G.N., et al., An integrated solution with SWARA&COPRAS methods in renewable energy production: City selection for biogas facility. *Renewable Energy*, 2020. 145: p. 2587-2597.
34. Driesen, B., et al., Long length of stay at the emergency department is mostly caused by organisational factors outside the influence of the emergency department: A root cause analysis. *PLoS One*, 2018. 13(9): p. e0202751.
35. Rehman, F., et al., Root cause analysis of pre-microscopic errors in anatomical pathology using Eindhoven classification. *J Pak Med Assoc*, 2020. 70(4): p. 687-693.
36. Pereira, A., et al., Wine Quality Assessment Under The Eindhoven Classification Method. 2019. 158-164.
37. Eindhoven Model Of Incident Causation Nursing Essay. . 2020; Available from: <https://nursinganswers.net/essays/eindhoven-model-of-incident-causation-nursing-essay.php?vref=1>.
38. Latt, E.E.V., et al., Failure Mode and Effect Analysis: A Technique to Prevent the Risk of SARS-COV-2 Infection in A Retrocession Unit. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 2021. 15(3): p. 2878-2882.
39. Tiao, C.-H., et al., Healthcare Failure Mode and Effect Analysis (HFMEA) as an Effective Mechanism in Preventing Infection Caused by Accompanying Caregivers During COVID-19—Experience of a City Medical Center in Taiwan. *Quality Management in Healthcare*, 2021. 30(1).
40. Garcell, H.G., et al., Risk Reduction of Healthcare Workers' Exposure to COVID-19 using Failure Mode and Effect Analysis. *International Journal of Research and Review*, 2021. 8(7): p. 436-445.
41. Yu, X., et al., Healthcare failure mode and effect analysis (HFMEA) for improving the qualification rate of disinfection quality monitoring process. *J Infect Public Health*, 2020. 13(5): p. 718-723.
42. Ouyang, L., et al., An Information Fusion FMEA Method to Assess the Risk of Healthcare Waste. *Journal of Management Science and Engineering*, 2021. 6.
43. Attar Jannesar Nobari, F., et al., Clinical Risk Assessment of Intensive Care Unit using Failure Mode and Effects Analysis. *jhosp*, 2015. 14(2): p. 49-59. (Persian).
44. Ebrahimipour H, Vafaenajar A, and Y. Molavi Taleghani, Assessing Risks of Selected Processes in Otolaryngology surgery Department Quaem Hospital. *Health Inf Manage* 2014. 4(11): p. 607-621 (Persian).
45. Korkusuz, A.Y., et al., Occupational health and safety performance measurement in healthcare sector using integrated multi criteria decision making methods. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 2020. 35(1): p. 81-96.
46. Gul, M. and M. Yucesan, Hospital Preparedness Assessment against COVID-19 Pandemic: A Case Study in Turkish Tertiary Healthcare Services. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021. 2021: p. 2931219.
47. Kaya, G.K., The Use of Multi-Criteria Decision-Making Methods to Support Risk Prioritisation, in 5th North American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. 2020: Michigan, United States Of America. p. 1-7.
48. Liu, H.-C., J.-X. You, and C.-Y. Duan, An integrated approach for failure mode and effect analysis under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *International Journal of Production Economics*, 2019. 207: p. 163-172.
49. Huang, G. and L. Xiao, Failure mode and effect analysis: An interval-valued intuitionistic fuzzy cloud theory-based method. *Applied Soft Computing*, 2021. 98: p. 106834.
50. Li, J., H. Fang, and W. Song, Modified failure mode and effects analysis under uncertainty: A rough cloud theory-based approach. *Applied Soft Computing*, 2019. 78: p. 195-208.
51. Omidvari, F., et al., Fire Risk Assessment in Healthcare Settings: Application of FMEA Combined with Multi-Criteria Decision Making Methods. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020. 2020: p. 8913497.
52. Cheng, P.-F., et al., Evaluating Surgical Risk Using FMEA and MULTIMOORA Methods under a Single-Valued Trapezoidal Neutrosophic Environment. *Risk management and healthcare policy*, 2020. 13: p. 865-881.
53. Molavi Taleghani, Y., H. Ebrahimpour, and H. Sheikhbardsiri, A Proactive Risk Assessment Through Healthcare Failure Mode and Effect Analysis in Pediatric Surgery Department. *JOURNAL OF COMPREHENSIVE PEDIATRICS*, 2020. 11(3): p. 0-0.

# Assessment of Hospital Risks for Occupational Safety of Healthcare Staff against Covid-19 Using FMEA Method and Multi-Criteria Decision-Making Methods

(Case study: Department of Infectious Diseases of Bu-Ali hospital in Zahedan)

Neda Vahedi nezhad<sup>1</sup>, Farzad Firouzi Jahantigh<sup>2\*</sup>

Submitted: 2021.11.17

Accepted: 2021.12.20

## Abstract

**Introduction and purpose:** Risk assessment is a necessity in high-risk work environments like hospitals. During epidemics, the need to maintain the health of healthcare staff increases as they are effective people in controlling the spread of the disease. The purpose of this study was to assess the occupational safety of healthcare staff against coronavirus using FMEA in infectious diseases ward of Bu-Ali Hospital in Zahedan.

**Methodology:** Failure modes were identified using brainstorming technique. After scoring them with S, O and D, they were prioritized by calculated RPN. To improve the traditional FMEA, failure modes were prioritized with weighted FMEA and MCDM techniques. After identifying the critical failure modes, the root causes of them were identified and categorized. Finally, corrective solutions were provided to handle them.

**Results:** Three processes including emergency admission, patient visit, and sampling were identified as priority processes. 58 failure modes and their effects were identified in 6 categories. 13 critical failures modes (RPN above 100) equivalent to 22% were identified. Then 42 root causes of them were identified by brainstorming technique and their classifications were done by Eindhoven. Finally, 49 corrective strategies were presented to handle critical risks.

**Conclusion:** Identifying 58 risks and their effects, identifying and classifying root causes and providing corrective solutions indicate the capability of the FMEA to assess the risk of critical departments such as hospitals. As a result, the FMEA is able to detect risks, reduce their consequences and improve quality. Risk assessment techniques along with the commitment of managers and the renewal of organizational policies can ensure the effectiveness of these activities.

**Keywords:** Occupational safety, Healthcare personnel, Covid-19, Failure Mode and Effects Analysis, Risk assessment, FMEA method

---

<sup>1</sup> MSc student, Department of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

(\*Corresponding Author), Firouzi@eng.usb.ac.ir

