

تجزیه و تحلیل مخاطرات انسانی محیط کار در حوزه بهداشت، ایمنی و محیط زیست به روش‌های تلفیقی EFMEA & SHERPA (مطالعه موردی: شرکت تولیدی صندلی خودرو)

سوننا حیادخت^۱، سید علی جوزی^{۲*}، مهناز میرزاابراهیم طهرانی^۲

۱- گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

۲- گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۸

چکیده

بروز خطای انسانی در محیط‌های شغلی امری اجتناب ناپذیر می‌باشد که می‌تواند خسارات جبران ناپذیری را به همراه داشته باشد (مظلومی و همکاران، ۱۳۹۲). لذا این پژوهش با هدف شناسایی و پیش‌بینی خطای انسانی و ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی و ارائه راهکارهای کنترلی جهت کاهش خطاها و ریسک‌های بحرانی با استفاده از تکنیک SHERPA و EFMEA در شرکت تولیدی صندلی خودرو انجام گرفت. این مطالعه علمی پژوهشی در شرکت تولیدی صندلی خودرو اجرا شد که برگه‌های SHERPA و EFMEA از روش‌های مشاهده و مصاحبه و آنالیز سلسله مراتبی وظیفه HTA تکمیل گردید. از رویکرد پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی برای شناسایی خطای انسانی در ایستگاه‌های کاری و ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی برای جنبه‌های محیط‌زیستی استفاده و راهکارهای کنترلی ارائه گردید. تجزیه و تحلیل برگه‌های SHERPA نشان داد تعداد کل خطاهای انسانی شناسایی شده در وظایف شغلی، ۴۳ خطا می‌باشد که از این تعداد ۵۳/۴۶٪ خطاها از نوع عملکردی، ۲۷/۹٪ خطاها از نوع بازدیدی، ۱۳/۹۴٪ خطاها از نوع بازیابی و ۴/۶۴٪ خطاها مربوط به خطای انتخابی می‌باشند و نتایج حاصل از ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی EFMEA نشان داد از ۱۴ ریسک شناسایی شده ۴۲/۸۵٪ ریسک‌های بحرانی (H)، ۱۴/۲۸٪ ریسک‌های متوسط (M) و ۴۲/۸۵٪ ریسک‌های پایین (L) می‌باشند. بارزترین خطای این شرکت مربوط به خطای عملکردی و بازدیدی و بیشترین ریسک‌های زیست‌محیطی مربوط به خروجی‌های واحد رنگ می‌باشد. لذا آموزش کارکنان و سرپرستان و تدوین دستورالعمل‌های کاری جهت نظارت و بازرسی دقیق اپراتورها و انجام اقدامات مناسب در صورت بروز نقص در این سازمان، در اولویت اقدامات اصلاحی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: خطای انسانی، تکنیک SHERPA، تکنیک EFMEA، تکنیک HTA، کارخانه تولیدی صندلی خودرو

مقدمه

امروزه رشد سریع تکنولوژی، مدرن‌سازی و استفاده از انرژی‌های نوین حضور فیزیکی انسان را در محیط‌های کاری کمتر کرده است و نقش مهم‌تری به تجهیزات، ماشین‌آلات و اتوماسیون واگذار شده است. علیرغم کاهش کمی حضور انسان در محیط‌های کاری، متناسب با پیچیدگی سیستم‌ها و افزایش اتوماسیون نقش نیروی انسانی در عملکرد، قابلیت اطمینان و ایمنی سیستم‌ها افزایش پیدا کرده است. امروزه منابع انسانی با نظارت بر عملکرد سیستم‌ها، راهبرد و سرپرستی آن‌ها حضوری متفاوت را در محیط‌های کاری تجربه می‌کند، نقشی که می‌تواند حوادثی مثل چرنوبیل، تری مایلند و بوپال را بوجود آورد. بنابراین با توجه به میزان حوادث ناشی از خطای انسانی و هزینه‌های وارد شده به سازمان، فرد، جامعه و ... اندیشیدن راهکارهایی جهت مدیریت صحیح رفتار انسانی و خطاهای ناشی از آن‌ها در محیط‌کاری امری ضروری به نظر می‌رسد (روحی و همکاران، ۱۳۹۴).

برای پیش‌بینی و شناسایی خطاهای انسانی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. یکی از معتبرترین تکنیک‌های پیش‌بینی و شناسایی خطاهای انسانی روش "تحلیل نظام مند پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی"، SHERPA (Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach)، می‌باشد. این روش که در سال ۱۹۸۶ توسط «امبری» ابداع و توسعه پیدا کرد، یک برنامه حساب‌شده از جریان عادی پرسش و پاسخ مبتنی بر رده‌بندی خطای انسانی است که خطاهای مشابه را در هر مرحله از فرآیند تجزیه و تحلیل وظایف شغلی تشخیص می‌دهد. در این روش خطاهای انسانی در ۵ گروه تقسیم‌بندی می‌شود:

- خطای عملکردی (Action Error)
- خطای بازیابی (Retrieval Error)
- خطای ارتباطاتی (Communication Error)
- خطای انتخاب (Selection Error).

از سایر مزایای این روش می‌توان به آسان بودن اجرا و زمان کم مورد نیاز، ارائه راه حل کنترل خطاها و ساده

بودن روش کاربرد و آموزش آن اشاره کرد (جعفری و همکاران، ۱۳۹۱).

اغلب پژوهشگرانی که برای بررسی خطاهای انسانی از روش SHERPA استفاده کرده‌اند، ابتدا تکنیک تحلیل وظیفه سلسله مراتبی HTA= Hierarchical Task Analysis) را برای شناسایی وظایف شغلی، اجرا نموده‌اند. در این روش کلیه وظایف شغلی فرد در یک فرآیند سلسله مراتبی به مجموعه‌ای از وظایف جزئی تقسیم می‌شود. براساس این روش، بر حسب عملیات و طرح کار، وظایف توصیف می‌شوند (وظایف عبارتند از فعالیت‌هایی که کاربر برای دستیابی به اهداف سیستم انجام می‌دهد و طرح کار، یعنی چگونگی و ترتیب اجرای هر یک از عملیات فوق). در مرحله بعد و در یک سطح پایین‌تر هر کدام از این عملیات برحسب زیرمجموعه‌هایشان دوباره توصیف می‌شوند. این سلسله مراتب تا جایی که تحلیل‌گر تشخیص دهد ادامه می‌یابد و معیار تعیین سلسله مراتب تحلیل، قضاوت شخصی تحلیل‌گر می‌باشد که بر مبنای جزئی‌ترین فعالیت‌هایی که احتمال بروز خطا در آن مرحله وجود دارد صورت می‌گیرد. این روش ارتباط مستقیمی بین فعالیت‌های کاربر و نیازهای سیستم ایجاد می‌کند.

ساختار تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی به گونه‌ای است که شغل مورد نظر به جزئیات و مرتبه‌های لازم برای انجام آن فعالیت تجزیه می‌شود. به منظور تجزیه کار ابتدا هدف نهایی در نظر گرفته شده و جهت دستیابی به آن، وظیفه به جزءهای کوچکتر تقسیم می‌گردد (جعفری و همکاران، ۱۳۹۱).

سیف اله غریب در سال ۱۳۸۹ از روش SHERPA جهت ارزیابی و مدیریت خطاهای انسانی در اپراتورهای اتاق کنترل پالایشگاه نفت اصفهان استفاده کردند. نتایج مطالعه نشان داد که این روش می‌تواند به عنوان یک روش موثر جهت شناسایی خطاهای انسانی در اتاق کنترل واحدهای حساس پالایشگاه‌های نفت مورد استفاده قرار گیرد (غریب و همکاران، ۱۳۸۹).

با توجه به این که شرکت‌های خودروسازی جزو شرکت‌های

سازی، سالن رنگ، سالن فوم‌سازی و آرایش فوم، سالن لمینت، برش پارچه و خیاطی، سالن پیش مونتاژ و سالن مونتاژ می‌باشند. مساحت این شرکت چیزی بالغ بر ۲۷۰۰۰ متر مربع، که شامل ۸۰۰۰ متر مربع محیط تولیدی، ۲۰۰۰ متر مربع واحدهای اداری، ۵۵۰۰ متر مربع انبار و ۱۱۰۰۰ متر فضاهای باز و فضای سبز بوده و موقعیت جغرافیایی تهران، منطقه ۲۱، جاده مخصوص کرج، کیلومتر ۱۸ است.

این مطالعه به منظور پیش‌بینی و شناسایی خطای اپراتورهای خط تولیدی این شرکت، انجام گردید. برای شناسایی خطاهای انسانی، تمامی فرآیندهای کاری و کلیه وظایف شغلی اپراتور در یک فرایند سلسله مراتبی به مجموعه‌ای از زیروظایف تقسیم و تا جایی که امکان داشت ریزتر شد و در قالب چارت ارائه گردید و همچنین داده‌های این پژوهش از روش میدانی جمع‌آوری و به همین منظور، از روش‌ها و متدهایی هم‌چون مصاحبه و نظرسنجی از کارگران، مدیران، سرپرستان واحدها، دستورات‌العمل‌ها و روش‌های اجرایی هر ایستگاه کاری استفاده شد.

برای پیش‌بینی و شناسایی خطاهای اپراتور از روش «تحلیل نظام مند پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی» SHERPA استفاده شد به همین منظور، ابتدا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی وظیفه (HTA)، وظایف شغلی اپراتوران شناسایی و بعد از انجام HTA و رسم درختی هر یک از اهداف و وظایف، ایستگاه‌های فعالیت‌های بحرانی براساس ثبت حوادث در گذشته و نوع فعالیت ایستگاه‌های کاری شناسایی گردید. سپس فعالیت‌های بحرانی شناسایی شده از لحاظ نوع خطا (عملکردی، بازبایی، چک‌کردنی، تبادل اطلاعات و انتخابی) طبقه بندی و طبق جدول ۱ چک لیست SHERPA (روحی و همکاران، ۱۳۹۴) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و شناسه خطا تعیین شد.

پرحادثه در صنعت به حساب می‌آیند بنابراین مقرر گردید تحقیقی در مورد تجزیه و تحلیل خطاهای انسانی به روش SHERPA در این سازمان مورد بررسی و علل آن مشخص و راهکارهایی جهت کاهش خطاها، ارائه گردد. هدف کلی در این پژوهش شناسایی، پیش‌بینی، تعیین نوع خطا، امکان بروز آن و تشریح پیامدهای ناشی از هر خطا و پیشنهاد راه‌حل‌های پیشگیری از خطاها بوده لذا در مورد ریسک‌های زیست‌محیطی در واحدهای تولیدی این شرکت، از تکنیک تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن بر محیط زیست (EFMEA) استفاده گردید که هدف آن شناسایی به موقع مهمترین جنبه‌های محیط‌زیستی موثر بر وضعیت توسعه بوده است که پس از تکمیل کاربرد EFMEA و محاسبه نرخ شدت و احتمال وقوع و گستره آلودگی یا امکان بازیافت و محاسبه عدد اولویت ریسک (RPN)، که نشان دهنده ضریب تخریب محیط‌زیستی است، از فرمول‌های آماری جهت طبقه‌بندی سطوح ریسک استفاده گردید و با توجه به فرمول‌های آماری، کلیه جنبه‌ها در سه دسته جنبه‌هایی با سطح ریسک پایین (L)، جنبه‌هایی با سطح ریسک متوسط (M)، و جنبه‌هایی با سطح ریسک بالا (H) قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

۳۵ سال پیش این شرکت فعالیت خود را در زمینه تولید صندلی خودرو برای شرکت تولیدی ایران خودرو آغاز و با توسعه محصولات، تاکنون به فعالیت خود ادامه می‌دهد که محصولات تولیدی این شرکت از قبیل صندلی خودروهای سمند، پژو ۴۰۵، پژو پارس، وانت آریسان، دنا و هایما می‌باشد. با توجه به نوع تولید و گسترده بودن تولیدات این سازمان و اشتغال بیش از ۴۰۰ نفر نیروی انسانی، مسلماً نیروی انسانی از منابع اصلی و مهم این سازمان به شمار می‌آید. واحدهای تولیدی این سازمان شامل سالن پرسکاری و خمکاری، سالن جوشکاری/فریم

جدول ۱- چک لیست انواع خطاهای انسانی در روش SHERPA

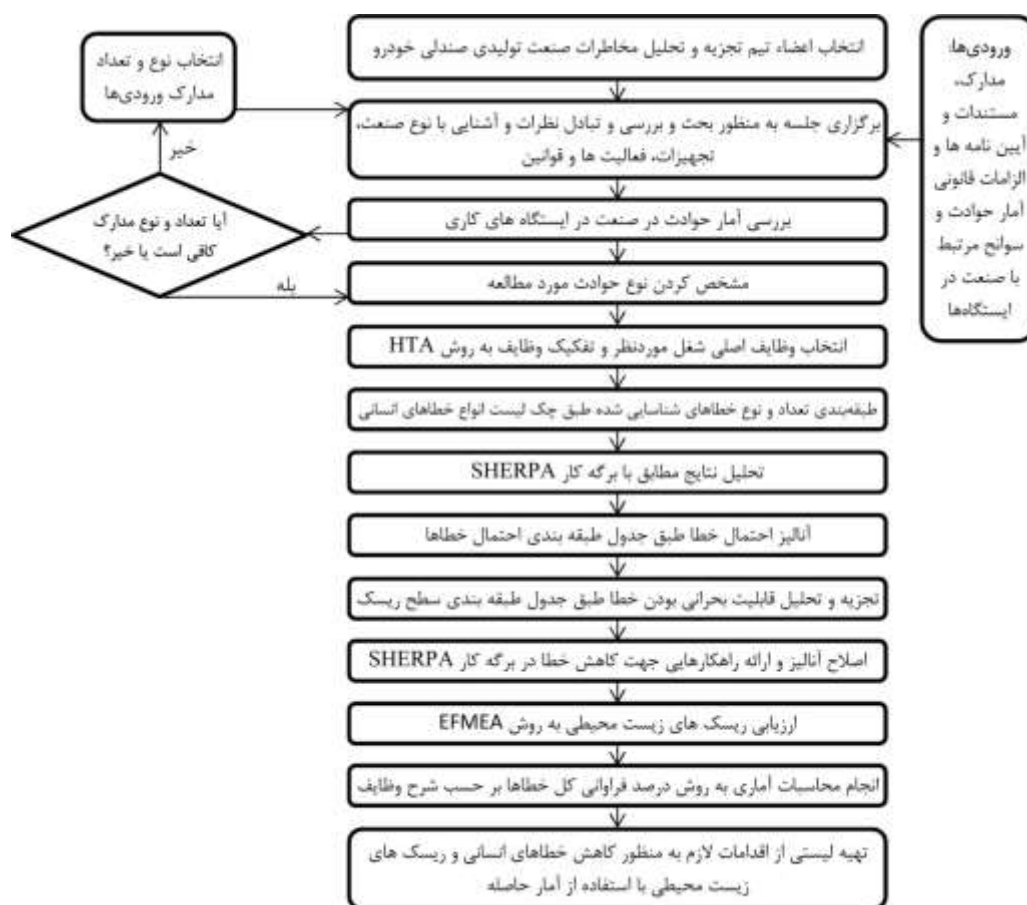
نوع خطا	شناسه خطا	توصیف خطا
خطای عملکردی (Action errors)	A1	عمل خیلی زود یا دیر انجام شود.
	A2	عمل موردنظر بی موقع انجام شود.
	A3	عمل موردنظر در جهت اشتباه انجام شود.
	A4	عمل کمتر، یا بیش از حد لازم انجام شود.
	A5	عمل تغییر انجام می شود.
	A6	عمل صحیح بر روی گزینه اشتباه انجام شود.
	A7	عمل اشتباه بر روی گزینه صحیح انجام شود.
	A8	انجام عمل موردنظر فراموش شود.
	A9	عمل به طور ناقص انجام شود.
	A10	عمل اشتباه بر روی گزینه اشتباه انجام می شود.
خطای بازدیدی (Checking Errors)	C1	بررسی فراموش می شود.
	C2	بررسی به طور ناقص انجام می شود.
	C3	بررسی صحیح بر روی گزینه اشتباه انجام می شود.
	C4	بررسی اشتباه بر روی گزینه صحیح انجام می شود.
	C5	بررسی در زمان نامناسب انجام می شود.
	C6	بررسی اشتباه بر روی گزینه اشتباه انجام می شود.
خطای بازیابی (Retrieval Errors)	R1	اطلاعات لازم در دسترس نیست.
	R2	اطلاعات به صورت اشتباه ارائه شده است.
	R3	بازیابی اطلاعات، ناقص انجام می شود.
خطای ارتباطی (Communication Errors)	I1	تبادل اطلاعات صورت نمی گیرد.
	I2	اطلاعات اشتباه تبادل می شود.
	I3	تبادل اطلاعات به طور ناقص انجام می گیرد.
خطای انتخاب (Selection Error)	S1	انتخاب حذف می شود.
	S2	انتخاب اشتباه انجام می شود.

با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل کاربرگ SHERPA، بررسی میزان درصد خطاها از لحاظ سطح سواد، آموزش، سن فرد، رضایت شغلی، مهارت فرد و استرس فرد انجام شد و لیستی تهیه و مشخص گردید که چند درصد از خطاها مربوط به ویژگی‌های فردی می‌باشند.

در ادامه ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی به روش EFMEA، در واحدهای تولیدی حاصل از این فرآیندها که از نظر زیست‌محیطی جزء آلاینده‌های زیست‌محیطی به حساب می‌آیند انجام و کلیه نتایج در کاربرگ مربوط به این روش ثبت و تعیین سطح ریسک انجام شد و راهکارهای کنترلی جهت کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی ارائه گردید.

سپس بررسی نتایج خطا روی سیستم که یک مرحله حیاتی است صورت گرفت و با آنالیز احتمال خطا که براساس سابقه رخداد از نظر کم، زیاد و متوسط برای هر طبقه شغلی مشخص گردید و سطح ریسک (غیر قابل قبول، نامطلوب، قابل قبول ولی نیاز به تجدید نظر و قابل قبول بدون نیاز به تجدیدنظر) تعیین شد.

در مرحله نهایی در فرآیند ارائه استراتژی کاهش خطا، که در آن راهکارهای کاهش خطا ارائه می‌شود، راهکارهایی در فرم پیشنهادات در سیستم کاری که می‌تواند از خطاها جلوگیری کنند ارائه و نوع راهکارها به چهار دسته (تجهیزات، آموزش، دستورالعمل‌ها و سازمان) طبقه‌بندی گردید. کلیه مراحل انجام کار مطابق شکل ۱ فرآیند روش تحقیق صورت گرفت.

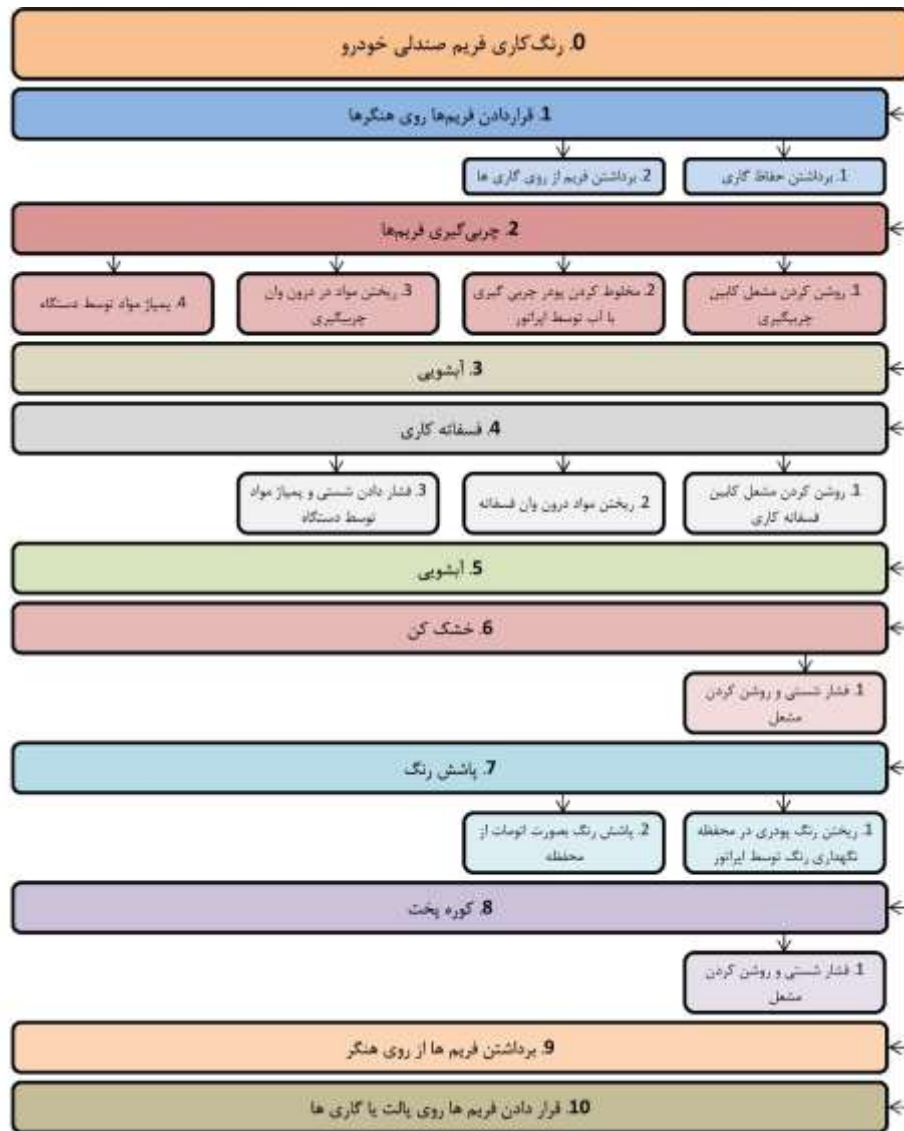


شکل ۱- فرآیند روش تحقیق

نتایج

با توجه به نوع فرآیند تولید در این شرکت، هر واحد، کار مربوط به تولید صندلی خودرو را انجام داده تا در نهایت به هدف اصلی که همان تولید صندلی خودرو می‌باشد دست یابند. با استفاده از روش HTA و شرح وظایف تعریف شده برای اپراتورها، شرح وظایف آنان جهت آنالیز سلسله مراتبی، شغل در ۶ گروه کلی مشخص گردید. این شش گروه عبارتند از: تولید روکش صندلی خودرو، تولید فوم صندلی خودرو، تولید اسکلت صندلی خودرو، رنگ کاری اسکلت صندلی خودرو، مونتاژ صندلی جلو و مونتاژ کفی و پشتی عقب. طبق جزئیات شرح وظایف هر کدام از وظایف اصلی (جمعا ۵۶ وظیفه اصلی) به چندین زیر وظیفه (جمعا ۹۲ زیر وظیفه) تقسیم شدند. که نمونه‌ی شرح وظایف در شکل ۲، HTA آورده شده است.

وظایف شغلی شناسایی شده براساس نوع خطاهای پنج‌گانه (عملکردی، بازیابی، چک‌کردنی، انتخابی و تبادل اطلاعات) طبقه‌بندی و ثبت گردید. در کاربرگ SHERPA، با مشخص کردن وظیفه اصلی و زیر وظایف بحرانی، نوع خطا از چک لیست SHERPA تعیین سپس به توصیف خطا مطابق با چک لیست پرداخته شد و پیامد ناشی از خطا بررسی و تحلیل گردید و با توجه به پیامد خطا و احتمال وقوع خطا، سطح ریسک مشخص و نوع راهکارهای کنترلی جهت کاهش خطاها در محیط کاری تعیین و به توصیف راهکارها پرداخته شد که بعد از اجرایی شدن راهکارها، سطح ریسک پیش‌بینی شده هم ارائه گردید تا مشخص گردد راهکارها تا چه اندازه‌ای می‌توانند به کاهش سطح ریسک کمک کنند. کاربرگ مطابق با جدول ۲ ثبت گردید.



شکل ۲- آنالیز سلسله مراتبی واحد رنگ

جدول ۲- کار برگ SHERPA برای شناسایی خطای واحد رنگ

برگه کار شماره ۱- SHERPA							
نام وظیفه شغلی اصلی: چربی گیری فریم (۲)		تاریخ: ۹۶۱۰۷/۱۸		تهیه کننده: سونا حیادخت			
ردیف	وظیفه شغلی	نوع خطا	توصیف خطا	پیامد ناشی از خطا	سطح ریسک	نوع راهکار کنترلی	راهکار کنترلی
۱-۲	روشن کردن مشعل کابین چربی گیری	C2	بررسی از نحوه سوخت مشعل ها بصورت ناقص صورت می گیرد.	بعثت سوخت ناقص و خراب بودن مشعل ها باعث افزایش میزان خروجی CO, NOX بیش از حد استاندارد از نودکش ها به هوا می گردد.	2B	دستورالعملی + آموزشی	تدوین و ارائه دستورالعمل جدید جهت نحوه بازدید و بررسی مشعل ها (دستورالعملی)+ آموزش جهت اطلاع از نحوه اجرای دستورالعمل
		C6	بررسی های اشتباه روی سوخت ناقص مشعل ها صورت نمی گیرد.				
		R1	اطلاعات لازم جهت نحوه بررسی و چک کردن سوخت مشعل ها وجود ندارد.				
2E							سطح ریسک پیش بینی شده

می‌باشند اما در صورت اعمال راهکارهای کنترلی پیشنهاد شده، انتظار می‌رود درصد فراوانی ریسک‌های غیر قابل قبول به صفر درصد کاهش یابند.

ارائه راهکارهای کنترلی جهت کاهش سطح ریسک نشان دادند که بیشترین نوع راهکار کنترلی ۴۷/۳۶٪ مربوط به آموزش و کمترین نوع راهکار کنترلی ۲۳/۶۸٪ مربوط به تجهیزاتی می‌باشند.

در ادامه جهت پیاده‌سازی روش EFMEA که یک روش گروهی است با حضور سرپرست واحدها، مسئولین تعمیرات و نگهداری، کارگران با تجربه واحدها و کارشناسان HSE تشکیل گردید و با استفاده از تجربیات، مشاهدات عینی، مستندات گذشته و نتایج ارزیابی آلاینده‌ها، خطرات در حوزه محیط‌زیستی شناسایی و ارزیابی گردید که در ۳ حوزه زیست‌محیطی آلودگی هوا، آلودگی خاک و آلودگی آب مورد بررسی قرار گرفتند.

پس از شناسایی فعالیت‌های مهم توسط افراد متخصص گروه و تکمیل کاربرگ‌های EFMEA، جنبه‌های محیط‌زیستی حاصل از این فرآیندها یا فعالیت‌ها توسط متخصصین HSE، نفرات عملیات، تعمیرات، فرآیند و برق در واحد تحت بررسی شناسایی و نمره دهی شدند و عدد اولویت ریسک (RPN) محاسبه گردید. جدول ۳ کاربرگ EFMEA را نشان می‌دهد.

جهت تعیین حد اطمینان یا شاخص ریسک و حد بالا و پایین ریسک، در این پروژه ابتدا میانگین ضریب ریسک‌ها (RPN) به شرح ذیل محاسبه شدند:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_N)}{N}$$

و سپس انحراف معیار داده‌ها مطابق با فرمول ذیل بدست آمدند:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

در این تحقیق، با توجه به شرح وظایف و با استفاده از چک لیست SHERPA جمعاً ۴۳ خطا، برای ۶ وظایف اپراتور شناسایی گردید. نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین درصد فراوانی خطا ۲۷/۹۰٪ مربوط به رنگ‌کاری اسکلت صندلی خودرو و کمترین آن ۴/۶۵٪ مربوط به تولید اسکلت صندلی خودرو می‌باشد.

خطاهای شناسایی شده بر حسب نوع خطا در ۵ گروه دسته‌بندی شدند. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین درصد خطاهای شناسایی شده از نوع عملکردی با ۵۳/۴۶٪ و کمترین آن مربوط به خطای ارتباطی با ۰٪ می‌باشد و همچنین بیشترین فراوانی در خطاهای عملکردی ۱۸/۶۰٪ مربوط به تولید روکش صندلی خودرو و کمترین آن ۰٪ مربوط به رنگ‌کاری اسکلت صندلی خودرو بوده است، بیشترین و کمترین فراوانی خطاهای چک‌کردنی به ترتیب مربوط به رنگ‌کاری اسکلت صندلی خودرو ۱۸/۶۰٪ و تولید روکش صندلی خودرو، تولید اسکلت صندلی خودرو و مونتاژ صندلی جلو ۰٪ بوده است. از بین خطاهای بازایی بیشترین فراوانی مربوط به رنگ‌کاری اسکلت صندلی ۹/۳۰٪ و وظایف تولید روکش صندلی خودرو، تولید اسکلت صندلی خودرو و مونتاژ صندلی جلو بدون خطاهای بازایی بوده است. خطاهای ارتباطی برای کلیه وظایف تعیین شده ۰٪ بوده است. همچنین بیشترین فراوانی در خطاهای انتخاب با ۲/۳۲٪ مربوط به وظایف تولید اسکلت صندلی خودرو و مونتاژ کفی پشتی عقب و کمترین آن ۰٪ مربوط به وظایف تولید روکش صندلی خودرو، تولید اسکلت صندلی خودرو، رنگ‌کاری اسکلت صندلی و مونتاژ صندلی جلو بوده است. ارزیابی سطح ریسک خطاهای شناسایی شده به روش ماتریس ارزیابی ریسک نشان داد که در حال حاضر بیشترین خطاهای شناسایی شده دارای ریسک نامطلوب ۷۴/۰۷٪ می‌باشند اما در صورتی که کنترل‌های پیشنهادی اعمال گردند پیش‌بینی می‌شود که درصد فراوانی ریسک‌های نامطلوب به ۱۸/۵۱٪ کاهش یابند. همین بررسی نشان می‌دهد که در حال حاضر از خطاهای شناسایی شده دارای ریسک‌های غیرقابل قبول ۲۵/۹۲٪

جدول ۳- کاربرد EFMEA واحد رنگ

ردیف	تجهیزات	حالات خرابی بالمقوله (جنبه های زیست محیطی)	اثر خرابی بالمقوله (پیامد)	ارزیابی اولیه جنبه های زیست محیطی					اقدام کنترلی
				شدت	احتمال وقوع	عارضت	یا مکان یا مکان الودگی	RPN	
۱	دودکش کابین چرسی گیری		الودگی هوا	۴	۵	۲	۵	۱۰۰	H
				۴	۵	۲	۵	۱۰۰	H
۲	دودکش کابین فناخانه	خروجی گازهای CO و NOX بیش از حد استندارد به هوای آزاد	الودگی هوا	۴	۵	۲	۵	۱۰۰	H
				۴	۵	۲	۵	۱۰۰	H
۳	دودکش کابین خشک کن		الودگی هوا	۴	۵	۲	۵	۱۰۰	H
۴	دودکش کوره پخت		الودگی هوا	۴	۵	۲	۵	۱۰۰	H

طبق نتایج بدست آمده بیشترین راهکار کنترلی جهت کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی مربوط به تدوین دستورالعمل با ۵ مورد یا ۵۶/۵۵٪ می‌باشد که بدلیل عدم وجود دستورالعمل مربوط به نحوه رفتار با پسماند، خروجی... باعث افزایش ریسک‌های زیست‌محیطی می‌گردید. راهکار کنترلی بعدی جهت کاهش ریسک‌های زیست محیطی از نوع آموزش با ۳ مورد یا ۳۳/۳۳٪ می‌باشد و آخرین راهکار کنترلی ارائه شده جهت کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی از نوع تجهیزاتی با ۱ مورد یا ۱۱/۱۱٪ می‌باشد.

بحث

این تحقیق که در کلیه واحدهای تولیدی صندلی خودرو به انجام رسید، از نوآوری این پژوهش بوده که تاکنون در صنعت خودروسازی از روش آنالیز سلسله مراتبی و SHERPA استفاده نشده بود. نتایج بدست آمده نشان داد که با استفاده از این روش‌ها به خوبی می‌توان جزئیات شرح وظایف ایستگاه‌های کاری و خطاهای انسانی را مشخص نمود. طی مطالعه انجام شده، ۶ هدف، ۵۶ وظیفه اصلی و ۹۲ زیر وظیفه و ۴۳ خطای بحرانی مشخص گردید. از این تعداد ۲۳ مورد یا ۵۳/۴۶٪ مربوط به خطاهای عملکردی، ۱۲ مورد یا ۲۷/۹٪ مربوط به

در نتیجه انجام محاسبات شاخص ریسک تعیین گردید و سپس با استفاده از انحراف معیار، پخش‌شدگی مقادیر، حول مقدار میانگین محاسبه شد و لذا با توجه به محاسبات آماری انجام شده در این تحقیق ۱۴ جنبه محیط‌زیستی حاصل از این فرآیند یا فعالیت‌ها مورد شناسایی و ارزیابی قرار گرفتند که ۶ مورد یا ۴۲/۸۵٪ از جنبه‌های شناسایی شده بالاتر از درجه مخاطره‌پذیری و در سطح ریسک‌های بحرانی (H)، ۲ مورد یا ۱۴/۲۸٪ از جنبه‌ها در سطح متوسط (M) و ۶ مورد یا ۴۲/۸۵٪ جنبه‌ها در سطح پایین (L) قرار داشتند که بالاترین ریسک محیط‌زیستی مربوط به کارکرد و خروجی کابین‌های واحد رنگ مربوط به آلودگی هوا با عدد اولویت ریسک ۱۰۰ RPN و کمترین عدد اولویت ریسک مربوط به تزریق مواد فوم و آلودگی هوای محیط‌کاری با ۸ RPN می‌باشند.

در نهایت برای کاهش سطح ریسک‌ها به حد قابل تحمل و مورد قبول، اقدامات مدیریتی و اصلاحی انجام شد و برای اطمینان از اثر بخشی اقدامات اصلاحی، ارزیابی مجدد ریسک‌ها انجام و RPN عدد اولویت ریسک ثانویه محاسبه شد. نتایج ارزیابی ریسک ثانویه نشان می‌دهد پس از انجام اقدامات اصلاحی، صفر مورد از ریسک‌ها در سطح بالا (H) و ۷ مورد از ریسک‌ها در سطح متوسط (M) و ۷ مورد در سطح پایین (L) قرار گرفتند.

روش EFMEA در این صنعت، ۱۴ جنبه زیست‌محیطی حاصل از این فرآیند یا فعالیت‌ها مورد شناسایی و ارزیابی قرار گرفت که ۶ مورد یا ۴۲/۸۵٪ از جنبه‌های شناسایی شده بالاتر از درجه مخاطره‌پذیری و در سطح ریسک‌های بحرانی (H)، ۲ مورد یا ۱۴/۲۸٪ جنبه‌ها در سطح متوسط (M) و ۵ مورد یا ۴۲/۸۵٪ جنبه‌ها در سطح پایین (L) قرار داشتند.

در مطالعه‌ای مشابه با استفاده از روش SHERPA در آتش باری معدن سنگ آهن که توسط مصطفی میرزایی علی آبادی انجام شد نتایج نشان داد از مجموع ۴۲ خطای مورد شناسایی، ۰/۱۱ ریسک غیرقابل قبول، ۰/۴۲ نامطلوب، ۰/۴ قابل قبول ولی نیازمند تجدیدنظر و ۰/۰۴ قابل قبول و بدون نیاز به تجدید نظر پیش‌بینی شده‌اند. علاوه بر این خطاها شامل ۵۵٪ خطای عملی، ۱۴٪ خطای بازیابی، ۲۱٪ خطای چک کردن، ۶٪ خطای گزینش و ۱/۱۶٪ خطای ارتباطی می‌باشد. نتایج این تحقیق، بیشترین درصد خطاها از نوع عملکردی و کمترین درصد خطاها از نوع ارتباطی بود. برای کاهش وقوع هر خطای شناسایی شده و محدود کردن پیامدهای ناشی از آن‌ها، اقدامات کنترلی مناسب در قالب طراحی فهرست بازبینی، نظارت، استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب، آموزش و تصویب قوانین و دستورالعمل‌ها مفید و مؤثر می‌باشد (علی آبادی، ۱۳۹۴).

مطالعه‌ای که در خارج از کشور توسط Don Harris در سال ۲۰۰۵ به روش SHERPA جهت پیش‌بینی خطاهای القا شده در عرشه پرواز انجام شد نتایج نشان داد معیارهای صدور گواهی عوامل انسانی برای هواپیماهای بزرگ شهری در حال توسعه است. هدف از این کار کاهش وقوع خطاهای القا شده در عرشه پرواز است. در حال حاضر بسیاری از تکنیک‌های شناسایی خطای رسمی موجود می‌باشد، با این وجود هیچ‌کدام از آن‌ها برای استفاده در صنعت هواپیمایی معتبر نیستند. این مقاله از رویکرد SHERPA یا همان رویکرد سیستماتیک کاهش و پیش‌بینی خطاهای انسانی، به عنوان ابزاری برای پیش‌بینی خطاهای القا شده خلبان‌ها استفاده می‌کند. از

خطاهای بازدید، ۶ مورد یا ۱۳/۹۴٪ مربوط به خطاهای بازیابی، ۲ مورد یا ۴/۶۴٪ مربوط به خطاهای انتخابی و ۰٪ مربوط به خطاهای ارتباطی بوده است که بیشترین درصد خطاهای شناسایی شده از نوع عملکردی با ۵۳/۴۶٪ و کم‌ترین آن مربوط به خطاهای ارتباطی با ۰٪ بوده است. با ارائه راهکارهای کنترلی در روش SHERPA جهت کاهش سطح ریسک، بیشترین نوع راهکار کنترلی مربوط به آموزش و کمترین نوع راهکار کنترلی (۲۳/۶۸٪) مربوط به تجهیزاتی می‌باشند. نتایج حاصل از تحقیق در ارتباط با فرضیات تحقیق در جدول ۴ بیان شده است.

جدول ۴- درصد فراوانی نتایج فرضیات تحقیق

ردیف	فرضیات تحقیق	تعداد	درصد
۱	سطح سواد	۲	۳/۷۷٪
۲	آموزش و سطح آگاهی	۲۲	۴۱/۵۰٪
۳	سن فرد	۰	۰٪
۴	رضایت شغلی	۷	۱۳/۲۰٪
۵	مهارت و توانایی فرد	۱۴	۲۶/۴۱٪
۶	استرس فرد	۸	۱۵/۰۹٪
	جمع	۵۳	۱۰۰٪

نتایج نهایی حاصل از بررسی علل خطاهای انسانی در این شرکت بیان‌کننده این اصل است که سطح سواد اپراتور در ایستگاه‌های مورد بررسی ۳/۷۷٪ می‌تواند در کاهش خطای انسانی مؤثر باشد، آموزش و سطح آگاهی اپراتور از فعالیتی که انجام می‌دهد می‌تواند ۴۱/۵۰٪ در میزان کاهش خطای انسانی تأثیرگذار باشد که بیشترین درصد را به خود اختصاص داده است، سن فرد در این تحقیق در بروز خطاهای انسانی اصلاً تأثیرگذار نبوده است، میزان رضایت شغلی فرد در کار محوله و محیط‌کاری می‌تواند ۱۳/۲۰٪ در کاهش خطای انسانی مؤثر باشد، مهارت و توانایی فرد در کاهش خطای انسانی ۲۶/۴۱٪ اثرگذار بود و استرس فرد در حین کار ۱۵/۰۹٪ می‌تواند در کاهش خطاهای انسانی مؤثر باشد. هم‌چنین با انجام ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی به

آن جایی که SHERPA جای خود را در صنعت پتروشیمی و هسته‌ای برای پیش‌بینی خطاهای انسانی بسیار گسترش داد، گزارش یک سری از مطالعات معتبر حاکی از آن بود که این رویکرد از بهترین ابزارهای موجود برای پیش‌بینی خطاهای انسانی است. این مطالعه شواهدی از قابلیت اطمینان و اعتبار SHERPA را در یک عرشه پرواز فراهم می‌کند و اینطور نتیجه می‌گیرد که قابلیت تبدیل به ابزاری دقیق برای شناسایی خطاهای انسانی را دارد (Harris, 2005).

به منظور ارزیابی، پایش و بررسی مستمر تأثیرات فرآیندهای تولیدی زیرمجموعه عناصر و مولفه‌های

خطاهای انسانی و محیط‌زیستی و همچنین نظارت بر حسن اجرای فعالیت‌ها و راهکارهای ذکر شده در تخفیف و کاهش خطاهای انسانی و اثرات محیط‌زیستی، تدوین برنامه‌های مدیریتی خطاهای انسانی و پایش محیط‌زیستی (EMP) و اجرای آن پیشنهاد گردید. این برنامه‌ها در نهایت می‌تواند هماهنگی و ارتباط معقول و منطقی مابین فاکتورهای انسانی، شاخص‌ها و عوامل متنوع نظام مدیریت محیط‌زیستی فعالیت‌های این شرکت ایجاد نماید. جدول ۵ برنامه عملیاتی EMP و جدول ۶ برنامه مدیریت خطاهای انسانی می‌باشد.

جدول ۵- برنامه عملیاتی زیست‌محیطی EMP

شاخص / پارامتر	موارد بررسی	روش اندازه گیری مرجع	الزامات قانونی	اقدامات اصلاحی	مسئولیت	دوره پایش
آب	- منابع آب سطحی - میزان کلر موجود در خروجی پساب بهداشتی - میزان BOD, COD آب خروجی پساب بهداشتی	- استفاده از دستورالعمل‌های سازمان محیط زیست - انجام خوداظهاری	- آیین نامه خوداظهاری در پایش آلودگی محیط زیست - استانداردهای پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی ضوابط جهت تخلیه به محیط زیست	- تدوین برنامه بازدید روزانه و چک کردن میزان کلر زنی و آموزش به اپراتور مربوطه - تدوین دستورالعمل نحوه نگهداری مواد و بازرسی روئین از جایگاه نگهداری (بشکه ها)	واحد H.S.E - سرپرست واحد یکبار هر سه ماه	
هوا	- تعیین منابع آلودگی هوا - اندازه گیری گازهای خروجی از دودکش ها - تعیین میزان CO ₂ , HC, Nox, SO _x , CO, PM	- بازدید میدانی از کلر کرد صحیح مشعل ها - نصب آنالایزهای NOx, SOx - بررسی خروجی دودکشها - اندازه‌گیری آلاینده‌ها توسط دستگاه‌های پرتابل و پایش آنلاین - انجام خوداظهاری	- استانداردهای هوای پاک سازمان حفاظت محیط زیست - شیوه نامه ONLINE محیط زیست - آیین نامه خوداظهاری در پایش آلودگی محیط زیست	- تدوین و ارائه دستورالعمل جدید جهت نحوه بازدید و بررسی مشعل ها + آموزش جهت اطلاع از نحوه اجرای دستورالعمل - نصب هواکش های موضعی جهت مکش ذرات از داخل واحد تولیدی - آموزش انبارش بشکه های ایزوسیانات و پلی آل به صورت مجزا از یکدیگر	واحد H.S.E - فنی مهندسی کارفرما یکبار هر سه ماه	
خاک	- نشأت ایزوسیانات و پلی آل	- بازدید میدانی از محل نگهداری ایزوسیانات و پلی آل - استفاده از MSDS ایزوسیانات و پلی آل و نصب در محل نگهداری	- قانون مدیریت پسماندها	- تدوین دستورالعمل نحوه نگهداری مواد و بازرسی روئین از جایگاه نگهداری - تدوین دستورالعمل جدید جهت تعمیرات و نگهداری تجهیزات	واحد H.S.E - سرپرست واحد هفتگی	

جدول ۶- برنامه مدیریت خطاهای انسانی

ردیف	پارامترها	موارد بررسی	روش اجرای موارد مورد بررسی	تواتر
۱	آموزش و سطح آگاهی	- سطح سواد اپراتوران - مطالب مربوط به خطرات شغل - نحوه رعایت اصول ایمنی در محیط کار - نحوه استفاده و اجرای دستورالعمل های کار - شرایط و اعمال نا ایمن	- برگزاری دوره های آموزشی بصورت حضوری - استفاده از ویدئو پروژکتور - استفاده از پوستر و بنرهای مربوط به دوره آموزشی - استفاده از تصاویر شرایط و اعمال غیرایمن مربوط به شغل مربوطه	- اپراتوران بدو استخدام و قبل از شروع به کار - اپراتوران در حین کار هر ۶ ماه یکبار
۲	مهارت و توانایی فرد	- بررسی شرایط فیزیکی بدن فرد اپراتور - شرایط روحی اپراتور - سوابق و تجربه اپراتور - سلامت جسمانی و اعتیاد اپراتور	- از طریق آزمایشات بدو استخدام و ادواری - رزومه کاری فرد - نتایج تست عدم اعتیاد	سالانه
۳	استرس فرد	- شرایط محیط کاری فرد - مسائل اجتماعی فرد - سلامت فردی - مسائل خانوادگی فرد	- صحبت با خود اپراتور - بررسی شرایط محیط کاری از طریق بازدید و صحبت با سرپرستان	- بررسی شرایط محیط کاری بصورت سالانه - صحبت با خود اپراتور در صورت نیاز
۴	رضایت شغلی	- نوع کار محوله - جو سازمانی - روابط بین همکاران و مدیران - شرایط پرداخت حقوق	- مصاحبه با خود اپراتور - استفاده از فرم های نظر سنجی	۶ ماهه
۵	سطح سواد تحصیل کرده	- بررسی ارتباط کار محوله با میزان سواد اپراتور - بررسی حساسیت نوع فعالیت و نیاز به فرد تحصیل کرده	- مدرک تحصیلی	- بدو استخدام - تغییر شغل یا ایستگاه کاری

تقدیر و تشکر

از آقای آرمان نیکونژاد و خانم حمیده احدیه دلیل یاری ها و راهنمایی های بی چشم داشتشان که بسیاری از سختی ها را برایمان آسان تر نمودند، سپاسگزاریم.

منابع

- جعفری، م.؛ حاجی حسینی، ع. و حلوانی، غ.، ۱۳۹۱. پیش بینی و تحلیل خطاهای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل پست های ۴۰۰ کیلو ولت و اثر بخشی راه کارهای پیشنهادی. فصلنامه سلامت کار ایران. دوره ۹، شماره ۳، صفحات ۶۱ تا ۶۲.
 - روحی، پ.؛ پرمون، غ. و روحی، پ.، ۱۳۹۴. خطاهای انسانی در صنعت. فن آوران. تهران، صفحه ۱۳۰.
 - غریب، س.؛ حبیبی، ا.؛ محمدفام، ا. و ریسمانچیان، م.، ۱۳۹۰. ارزیابی و مدیریت خطاهای انسانی در اپراتورهای اتاق کنترل پالایشگاه نفت
- اصفهان با استفاده از SHERPA. مجله تحقیقات نظام سلامت. دوره ۷، شماره ۴، صفحه ۳۹۱.
۴. **مظلومی، ع.؛ کرمانی، ع.؛ نسل سراجی، ج. و قاسم زاده، ف.، ۱۳۹۲.** شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی با استفاده از روش SHERPA در پزشکان اورژانس شاغل در بیمارستان حضرت امیرالمومنین سمنان. فصلنامه علمی تخصصی طب کار. دوره ۵، شماره ۳، صفحه ۶۸.
۵. **میرزایی علی آبادی، م.؛ کریمی، ص. و محمد فام، ا.، ۱۳۹۴.** شناسایی و ارزیابی خطا در آتش باری معدن سنگ آهن با استفاده از روش نظام یافته پیش بینی و کاهش خطای انسانی SHERPA. مجله مهندسی بهداشت حرفه ای. دوره ۲، شماره ۱، صفحه ۵۷.
6. **Harris, D.; Stanton, N.; Marshall, A. and Young, M., 2005.** Using SHERPA to predict design-induced error on the flight deck. *Aerospace Science and Technology*. Vol 9, No. 6, pp: 525-532.

Human Health Risk Analysis in the Health, Safety, and Environment Using EFMEA & SHERPA Integrated Methods (Case Study: Car Seat Production Company)

Sona Hayadokht¹, Seyed Ali Jozi^{2*}, Mahnaz Mirzaebrahim Tehrani³

1-Environmental group, Marine Science and Technology College, Islamic Azad University of Tehran North Branch, Tehran, Iran.

2*- Environmental group, Technical Engineering College, Islamic Azad University of Tehran North Branch, Tehran, Iran.

Abstract

Human errors in a work place are inevitable which can become an irrecoverable damages. As a result this study is done in car-seat manufacturing company to identify and predict human errors beside environmental risks, develop a method to control and reduce human risks, and respecting critical risk levels using SHERPA and EFMEA methods. The current study is a scientific research conducted in a car-seat manufacturing company. In order to fill the SHERPA and EFMEA inspection, interviewing with procedures experts, interviewing with work station operators, and hierarchical analysis of HTA duty which is a preface to analyze human errors are used. The approach to predict and reduce human errors is used to reduce potential human errors in workstations and assessing environmental risks for different aspects of environment. Then controlling strategies were developed.

SHERPA forms show that all the human errors in working tasks are 43 observations which 53.46% are performance errors, 27.90% are reviewing errors, 13.94% are retrieval errors, and 4.64% are selective errors. Evaluation of environmental risks using EFMEA shows that from 14 environmental risks 42.85% are critical (H), 21.42% are medium, (M) and 35.71% are low (L). The most significant error in car-seat manufacturing company is related to performance and then reviewing errors. The major numbers of environmental risks are related to coloring unit output. As a result employees and supervisors training, publishing guidelines for supervising and auditing operators, and proper act in case of deficiency happening in this company are prioritized between corrective actions.

Key words: Human Error, SHERPA Technique, EFMEA Technique, HTA Technique, The Company of Producing Car's Seats.