فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۱۰/ شماره ۱/ بهار ۱۳۹۹ صفحات ۱۲-۲۳

شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی اپراتورهای جرثقیل برجی با استفاده از ترکیب دو روش SHERPA و CREAM

هستی برقعی پور[۱]، غزاله منظمی تهرانی[۲]، شهریار مددی[۳]، ایرج محمدفام[۴]*

[۱] گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران
[۲] گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
[۳] گروه بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران
[۴] قطب علمی- آموزشی بهداشت حرفه ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۲۴، تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۹

چکیده

مقدمه: جرثقیل ها به عنوان یکی از اصلی ترین تجهیزات در فرآیند جابجایی بار، از عوامل اصلی بروز حوادث در سایت های ساختمانی به شمار می روند. با توجه به آنکه خطای انسانی از مهمترین دلایل حوادث مرتبط با جرثقیل ها می باشد، در این پژوهش به بررسی خطاهای انسانی اپراتور جرثقیل برجی در پروژه های ساخت و ساز شهری، با استفاده از روش های SHERPA وCREAM پرداخته شده است.

روش کار: در این راستا ابتدا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی وظائف اصلی و زیروظائف اپراتور جرثقیل برجی مشخص شدند. سپس با استفاده از روش SHERPAپس از طبقه بندی انواع وظایف، خطاهای احتمالی در هر وظیفه پیش بینی گردید. با استفاده از روش CREAM نیز نوع کنترل های موجود در هر وظیفه و همچنین احتمال بروز خطا در وظایف و زیر وظایف آن ها تعیین گردید. در ادامه با تعیین ریسک های هر خطا، اقدامات کنترلی جهت کاهش ریسک به حد قابل قبول تعریف گردید.

یافته ها: بر اساس نتایج روش SHERPA، ۱۴۸ نوع خطا پیش بینی گردید. در ارزیابی ریسک خطاهای انسانی، زیروظیفه ی بازرسی از عملکرد سیستم ضد برخورد رادیویی با احتمال خطای کل معادل ۰،۰۰۰۳ دارای بالاترین ضریب کنترلی و زیروظیفه بازرسی از حفاظ های موجود با میزان احتمال خطای کل ۰/۰۵۶ دارای کمترین ضریب کنترلی بودند. زیروظائف مرتبط با بازدید حفاظ ها با احتمال خطای شناختی ۰،۰۷ و زیر وظایف با احتمال خطای شناختی ۰،۰۵ از مهم ترین وظائف شناسایی شده با احتمال خطای بالا بودند.

نتیجه گیری: نتایج مطالعه نشان که استفاده از روش های مکمل کیفی و کمی، امکان شناسایی و اولویت بندی خطاهای شناسایی شده را فراهم می آورد. این امر با کمک به اختصاص صحیح منابع محدود سازمانی به کنترل ریسک های غیر قابل قبول، به افزایش کارآیی و در نهایت بهره وری می انجامد.

کلمات کلیدی: *صنعت ساختمان سازی، جرثقیل های برجی، خطای انسانی، SHERPA،CREAM*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *mohammadfam@umsha.ac.ir*

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

مقدمه

به طور کلی حوادث، سالیانه جان بسیاری از افراد را در کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته تهدید کرده (۱). صنعت ساختمان سازی یکی از صنایع پر خطر بوده و در آن حوادث شغلی مرگبار به وفور رخ می‌دهد (۲). مطالعات انجام شده حاکی از آن است که صنعت ساخت و ساز بخش اعظمی از آسیب ها و حوادث شغلی را به خود اختصاص داده است (۳). یکی از علل مهم افزایش نرخ صدمات و مرگ و میر ناشی از حوادث در صنعت ساخت و ساز، ماهیت پیچیده و تغییرات مداوم در این صنعت می باشد (۴). جابجایی بار با استفاده از جرثقیل‌ها جهت بلند کردن و جابجایی مواد و تجهیزات یکی از عمده فعالیت های ضروری و اجتناب ناپذیر در این صنعت می باشد و انجام آن نیازمند برنامه ریزی های دقیقی است(۵, ۶). بنابراین با توجه به اهمیت و نقش ویژه ی جرثقیل ها در فعالیت های ساختمانی می توان این تجهیزات را عامل اصلی بروز خطرات از بعد ایمنی دانست چرا که مد نظر قرار ندادن مسائل ایمنی مرتبط با این تجهیزات پیچیده، منجر به وقوع بحران در سایت های ساختمانی می گردد (۷). عواملی نظیر نرخ بالای مرگ و میر و آسیب های وارده بر کارگرانی که در سایت های ساختمانی مشغول فعالیت هستند و همچنین پتانسیل بالای وقوع حوادث فاجعه بار در این سایت ها، همگی نشان دهنده نیاز به اقداماتی اساسی در راستای افزایش ایمنی فعالیت های باربرداری و کاهش حوادث جرثقیل ها می باشند (۸, ۹). در این میان جرثقیل های برجی یکی از انواع جرثقیل های کاربردی در صنعت ساخت و ساز بوده و حوادث مرتبط با آن علاوه بر تهدید کارگران ساختمانی، ممکن است آسیب هایی را برای عابرین پیاده نیز در پی داشته باشد (۶). این جرثقیل ها از قسمت هایی نظیر پایه، دکل و بخشی متحرک در بالای جرثقیل (شامل موتور و چرخ دنده ها که عامل چرخش جرثقیل است) تشکیل شده اند. در بالای قسمت متحرک نیز، بخش هایی وجود دارند که عبارتند از بازوی متحرک یا جیب، کابین اپراتور و کانتر جیب یا بازوی کوچک که عامل حفظ تعادل جرثقیل است. جرثقیل های برجی قادر به ارائه خدمات در ارتفاع ها و شعاع های متفاوت بوده و به دلیل قدرت مانور بسیار بالا در زمینه ی باربرداری از کاربردهای گوناگونی برخوردارند (۱۰). عملکرد جرثقیل های مذکور در امور باربرداری و جابجایی بار سبب ایجاد محیط های کاری با حوادث گوناگون گردیده است (۱۱). از آنجائیکه جرثقیل های برجی عموما کل محدوده سایت را در بر می گیرند، هر گونه اقدام جهت افزایش ایمنی و کاهش حوادث ناشی از کار، بر افزایش ایمنی کل سایت تاثیرگذار بوده و بدین ترتیب فرهنگ سازی جهت استفاده ایمن از این تجهیزات ضروری به نظر می رسد. تا کنون مطالعات بسیاری به تحلیل پتانسیل بروز ریسک و رویدادهای ایمنی جرثقیل های برجی پرداخته اند (۵, ۷, ۱۲). عامل انسانی و رفتار نا ایمن اصلی ترین نقش را در بروز حوادث دارند (۱۳, ۱۴). مطالعات عوامل انسانی نشان داده اند که حدود ۸۰٪ از علل ریشه ای حوادث بزرگ مرتبط با خطاهای انسانی بوده و این خطاها نقش موثری در بروز حوادث دارند (۱۵, ۱۶). خطاهای انسانی یکی از عوامل مهم بروز حوادث در عملیات باربرداری بوده و از مهمترین دلایل بروز حوادث مرتبط با جرثقیل های برجی می باشند (۱۱, ۱۷, ۱۸). بنابراین شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی اپراتور جرثقیل های برجی در پروژه های ساختمانی ضروری به نظر می رسد. طی سال های اخیر روش های متفاوتی جهت شناسایی و طبقه بندی خطای انسانی ارائه شده و توسعه یافته است و مطالعات بسیاری در این خصوص صورت پذیرفته است. کیانی و محمدفام (۱۳۹۴) شرایط کاری موثر بر عملکرد اپراتور(CPCs) را با استفاده از روش CREAM فازی در یکی از مناطق عملیاتی شرکت انتقال گاز بررسی کردند(۱۹). همچنین محمدفام و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیق دیگری خطاهای انسانی در عملیات مین زدایی را با استفاده از روش CREAM مورد مطالعه قرار دادند (۲۰). حبیبی و همکاران (۱۳۹۰) نیز به ارزیابی و مدیریت خطاهای انسانی در اپراتورهای اتاق کنترل پالایشگاه نفت اصفهان با استفاده از روشSHERPA پرداختند (۲۱).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

مظلومی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی خطاهای انسانی در یکی از اتاق های کنترل صنایع پتروشیمی توسط روش CREAM با رویکرد ارگونومی شناختی پرداختند و در تحقیق دیگری نیز در سال ۲۰۱۷ به مفید بودن و حساسیت کافی این روش در شناسایی خطاهای انسانی اشاره نمودند (۲۲, ۲۳). همچنین سعیدی و همکاران خطاهای انسانی در فرایند جراحی آب مروارید چشم با روش فیکو را با استفاده از دو روش SHERPA و CREAM مورد بررسی قرار دادند (۲۴). دی فلیک و پتریلو در سال ۲۰۱۶ نیز از دو روش مذکور جهت ارزیابی خطای انسانی و ارایه یک مدل هیبریدی استفاده نمودند (۲۵). همچنین در سال ۲۰۰۶ استانتون برای شناسایی خطای انسانی در کابین هواپیما از سه روش HEIST، SHERPA، HUMAN HAZOP استفاده نمودند و کارایی این سه روش را مورد بررسی قرار دادند (۲۶).

با توجه به مطالعات، روشSHERPA با وجود توانمندی بالا در شناسایی و پیش بینی خطاهای انسانی قادر به کمی سازی احتمال بروز خطا و عوامل اثرگذار در عملکرد آن ها نبوده و نیازمند تلفیق با دیگر روش ها است (۱۴, ۲۵) . بنابراین با توجه به توانایی روش CREAM در کمی سازی احتمال بروز خطاهای انسانی (با در نظر داشتن طیف وسیعی از عوامل اثرگذار در عملکرد)، در این مطالعه از ترکیب این دو روش برای شناسایی و ارزیابی کمی خطاهای انسانی در میان اپراتورهای جرثقیل های برجی استفاده شده است.

روش کار

این پژوهش با هدف شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی اپراتور جرثقیل های برجی در یکی پروژه های ساخت و ساز شهری در غرب شهر تهران در سال ۱۳۹۶ صورت گرفته است. در این مطالعه از روشSHERPA برای شناسایی و پیش بینی انواع خطاهای انسانی و از روش CREAM برای کمی سازی نرخ خطاهای انسانی در اپراتورهای جرثقیل های برجی استفاده شده است. در این راستا، ابتدا چهار جرثقیل موجود در پروژه ساختمانی مورد مطالعه در غرب تهران، از طریق مشاهده میدانی، بررسی اسناد، مصاحبه با کارشناسان بازرسی فنی اداره استاندارد، کارشناسان HSE شاغل در پروژه کارگاه ها، واحد تعمیر و نگهداری جرثقیل ها و اپراتور های جرثقیل های برجی مورد بررسی قرار گرفتند. در مرحله دوم شغل اپراتور جرثقیل های برجی با استفاده از روش سلسله مراتبی وظیفه (HTA) مورد تحلیل قرار گرفت. در این مرحله نیز مصاحبه با افراد و بخش های مذکور صورت پذیرفت و شغل اپراتور به عناصر زیر مجموعه آن تقسیم گردید. در مرحله سوم خطاهای انسانی مرتبط با اپراتور جرثقیل برجی با استفاده از روش SHERPA مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به آنکه در مرحله دوم وظایف و زیر وظایف مشخص گردیدند. در این مرحله هر عملیات وظیفه به یکی از حالت های شکست شامل خطاهای در عمل، خطاهای کنترلی، خطاهای بازیابی، خطاهای ارتباطی و خطاهای انتخاب طبقه بندی شد. سپس عواقب و توانایی بازیابی هر خطا تحلیل گردید و طبقه بندی خطا در گروه های کم (خطا سابقه رخداد نداشته باشد)، متوسط (خطا درگذشته گاهی رخداده باشد) و زیاد (خطا به طور مکرر اتفاق افتاده باشد) صورت گرفت. در نهایت آنالیز بحرانی و سپس آنالیز جبران در راستای پیشنهاد و برنامه ریزی استراتژی های کاهش خطا صورت پذیرفت (۲۵, ۲۷).

با توجه به آنکه در مرحله سوم نوع خطاها در وظایف و زیر وظایف مختلف با استفاده از روش SHERPA تعیین گردید، در مرحله چهارم کمی سازی احتمال بروز خطاهای شناسایی شده با استفاده از روش CREAM صورت گرفت. روش مذکور شامل دو روش اولیه و گسترده است. در روش اولیه CREAM، غربالگری اولیه صورت می گیرد و در روش گسترده از نتایج روش اولیه، برای رسیدن به تجزیه و تحلیل و جزئیات بیشتر استفاده می گردد (۲۸). در روش اولیه CREAM، شرایط کاری

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول (۱)- خطاهای بالقوه شناختی مرتبط با کارکردهای شناختی

کارکردهای شناختی	نوع خطاهای شناختی	نمره CFPO
خطای مشاهده	۰۱. مشاهده نادرست موارد	۰,۰۰۱
	۰۲. شناسایی نادرست	۰,۰۰۷
	۰۳. عدم مشاهده	۰,۰۰۷
خطای تفسیر	I1. تشخیص نادرست	۰,۰۲
	I2. خطای تصمیم گیری	۰,۰۱
	I3. تفسیر همراه با تاخیر	۰,۰۱
خطای برنامه ریزی	P1. خطا در ترتیب انجام کار	۰,۰۱
	P2. نقص در برنامه ریزی	۰,۰۱
خطای اجرا	E1. نقص در نحوه اجرا	۰,۰۰۳
	E2. زمان نادرست در اجرا	۰,۰۰۳
	E3. نقص در موارد مورد اجرا	۰,۰۰۰۵
	E4. نقص در توالی و ترتیب اجرا	۰,۰۰۳
	E5. عدم اجرا	۰,۰۰۳

اثرگذار بر عملکرد کاربر CPCs[1]، تعیین می گردد. سپس با توجه به حدود تعیین شده برای عامل مؤثر، اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد شناسایی می شود. این اثرات در قالب سه امتیاز بهبود، بی تاثیر و کاهش طبقه بندی شده و تعداد هر یک به شکل مجزا شمارش و با در نظرگیری مقادیر اثرات کاهش دهنده و بهبود عملکرد براساس نمودار، سبک های کنترلی تعیین می گردد. با تعیین سبک کنترلی شاخص ضریب سبک کنترل (β) محاسبه گشته و تعداد کل فعالیت هایی که باعث بهبود عملکرد می شوند از تعداد کل فعالیت هایی که باعث کاهش عملکرد می شوند کسر می شود (= β ΣR - ΣI). بر اساس مقدار β، کنترل ها در چهار گروه و به ترتیب افزایش درجه کنترل شامل کنترل اتفاقی، کنترل لحظه ای، کنترل تاکتیکی و کنترل استراتژیک طبقه بندی می شوند. در نهایت با داشتن ضریب سبک کنترلی β، میزان احتمال خطای کل (CFPt)[2] برای فعالیت مورد تجزیه تعیین می شود (۲۹).

در روش گسترده CREAM، ابتدا نیازهای شناختی متناسب با هر یک از زیروظیفه های شغلی به منظور ایجاد یک شناسنامه شناختی و تعیین خصوصیات شناختی و احتمال خطای شناختی مورد نیاز برای هر یک از وظائف شغلی، تعیین می شوند. پس از تعیین نیازهای شناختی متناسب با هر یک از وظائف شغلی، خطاهای شناختی احتمالی برای هر یک از وظائف شغلی در ۴ دسته مشاهده ، تفسیر، برنامه ریزی و اجرا و نمرات مربوط به هر کدام طبق جدول ۱ تعیین می شود. در نهایت با توجه به امتیازات به دست آمده از مراحل قبل، احتمال خطای شناختی برای هر یک از زیر وظیفه ها تعیین می گردد (۲۲, ۲۸, ۳۰).

با توجه به تعیین احتمال بروز هر خطا با استفاده از روش CREAM، در مرحله آخر خطاهای شناسایی شده اولویت بندی و ارایه راهکار گردید.

یافته ها

نتایج مربوط به تحلیل شغل اپراتور جرثقیل برجی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی

جدول شماره ۲ نتایج آنالیز سلسله مراتبی وظیفه برای اپراتور جرثقیل برجی را نشان می دهد.

در مجموع ۸ وظیفه اصلی و ۲۷ زیروظیفه برای اپراتور جرثقیل برجی شناسایی گردید.

1 Common Performance Conditions
2 Cognitive Failure Probability total

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول (۲)- شناسایی وظائف و زیروظیفه های اپراتور جرثقیل برجی

وظائف اصلی	زیر وظائف
مجهز شدن اپراتور به سیستم پیشگیری از سقوط (T.C.O.1.)	-
بازدید سازه قبل از استارت (T.C.O.2.)	بازرسی از حفاظ های موجود (T.C.O.2.1.)
	بازدید از نردبان و پله ها (T.C.O.2.2.)
	بازدید از اتصالات سکشن ها (T.C.O.2.3.)
بازدید مکانیکی (T.C.O.3.)	بازدید از قلاب جهت بررسی عملکرد ضامن ایمنی و گردش آزاد (T.C.O.3.1.)
	بازرسی از سیم بکسل به منظور بررسی شکستگی مفتول ها و خوردگی و سایش (T.C.O.3.2.)
	بازرسی از درام و وینچ (T.C.O.3.3.)
بازدید الکتریکال (T.C.O.4.)	بازرسی از تابلو برق موجود (T.C.O.4.1.)
	بازرسی از کابل تغذیه و کابل های موجود (T.C.O.4.2.)
	بازرسی از کابل ارت (T.C.O.4.3.)
بازدید از عملکرد سیستم های ایمنی (T.C.O.5.)	بازرسی از عملکرد میکروسوئیچ های قلاب ، شاریوت و سیستم گردان (T.C.O.5.1.)
	بازرسی از عملکرد (سیستم ضد برخورد رادیویی)ACRS (T.C.O.5.2.)
	بازرسی از عملکرد کلید قطع اضطراری ESD (T.C.O.5.3.)
بازدید از عملکرد اهرم های کنترلی (T.C.O.6.)	بازرسی از عملکرد لیور قلاب (T.C.O.6.1.)
	بازرسی از عملکرد لیور شاریوت (T.C.O.6.2.)
	بازرسی از عملکرد لیور گردان (T.C.O.6.3.)
	بازرسی از عملکرد کلاچ و ترمز (T.C.O.6.4.)
جابه جایی بار (T.C.O.7.)	برقراری ارتباط رادیویی اپراتور با واحد ایمنی جهت اطلاع از جا به جای بار و شرایط جوی(سرعت باد) (T.C.O.7.1.)
	برقراری ارتباط اپراتور با ریگر جهت بررسی عدم وجود موانع در مسیر جابه جایی بار (T.C.O.7.2.)
	برقراری رتباط اپراتور با ریگر جهت قرار دادن شاریوت در راستای مرکز ثقل بار (T.C.O.7.3.)
	برقراری ارتباط اپراتور با ریگر جهت اطمینان از آزاد بودن بار (T.C.O.7.4.)
	برقراری ارتباط اپراتور با ریگرجهت رفع نوسان بار ، بستن تگ لاین (T.C.O.7.5.)
	برقراری ارتباط اپراتور با ریگرجهت تخمین تناژ و نوع بار (T.C.O.7.6.)
	قرائت جدول بار جت تعیین ظرفیت مجاز (T.C.O.7.7.)
بازدید پس از اتمام عملیات (T.C.O.8.)	بالا بردن قلاب تا انتها (T.C.O.8.1.)
	آزاد گذاشتن ترمز سیم گردان (T.C.O.8.2.)
	خاموش کردن کلید قطع و وصل برق ورودی درون کابین (T.C.O.8.3.)
	اطلاع واحد برق جهت خاموش کردن منبع تغذیه (T.C.O.8.4.)

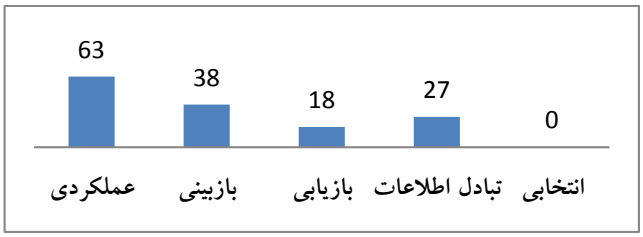
T.C.O: Tower Crane Operator

نتایج مربوط به ارزیابی خطاهای انسانی با استفاده از روش SHERPA

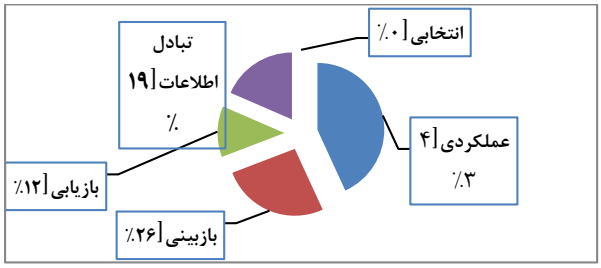
برای شناسایی احتمال وقوع خطاهای انسانی، هر مرحله از آنالیز سلسله مراتبی وظائف توسط گروهی از کارشناسان با کمک پنج دسته خطا در روش SHERPA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در مجموع در این پژوهش ۱۴۸ خطا در ۸ وظیفه شغلی مستعد خطای انسانی شناسایی گردید.

با توجه به نتایج و خطاهای شناسایی شده مشخص گردید که فعالیت جابجایی بار، در مرحله انجام فعالیت، بیشترین وفور در بروز خطاهای انسانی را داشته است .در این میان وظیفه اصلی بازدید از عملکرد اهرم های کنترلی دارای بیشترین خطای انسانی و کمترین درصد خطا مربوط به فعالیت مجهز شدن اپراتور به سیستم پیشگیری از سقوط بوده است. همچنین درصد فراوانی خطاهای شناسایی شده

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]



شکل (۱)- سطوح ریسک خطاهای انسانی به ازاء فعالیت های اصلی



شکل (۲)- درصد فراوانی خطاهای شناسایی شده بر حسب نوع خطا

به ازاء فرآیندهای اصلی نشان می دهد که کمترین درصد خطا مربوط به استفاده از سیستم های پیشگیری از سقوط و بیشترین درصد خطا مربوط به فعالیت جابجایی بار و بازدید از عملکرد اهرم های کنترلی می باشد. توزیع فراوانی سطوح ریسک خطاهای انسانی شناسایی شده به ازائ خطاهای شناسایی شده در انجام فعالیت اپراتوری جرثقیل برجی نشان می دهد که از ۱۴۸ ریسک موجود، ۹۷ مورد در حد نامطلوب می باشد و ۸ مورد ریسک های خطاهای بدست آمده در حد غیر قابل قبول که با انجام اقدامات اصلاحی/ پیشگیرانه می توان در جهت کاهش ریسک ها و رساندن آن ها در حد قابل قبول گام موثری برداشت. همچنین ۴۱ مورد از ریسک های شناسایی شده در حد قابل قبول اما با تجدید نظر و ۲ مورد در سطح قابل قبول می باشند. درصد فراوانی سطوح ریسک خطاهای انسانی شناسایی شده با توجه به ارزیابی ریسک انجام شده به ازای هر زیر وظیفه دلالت بر آن دارد که ۶۶٪ ریسک های موجود در سطح نامطلوب قرارگرفته که می بایست با انجام اقدامات کنترلی و اصلاحی نسبت به کاهش سطح ریسک اقدام نمود. ریسک های غیرقابل قبول، در سطح قابل قبول بدون نیاز به تجدید نظر و ریسک های قابل قبول با تجدید نظر به ترتیب ۵٪، ۱٪ و ۲۸٪ از کل ریسک های شناسایی شده را به خود اختصاص داده اند. در شکل ۱ مقایسه ای از سطوح ریسک های مرتبط با خطاهای انسانی به ازای فعالیت های اصلی نشان داده شده است که فعالیت جابجایی بار در فاز عملیاتی بیشترین ریسک را در سطح نامطلوب از سایر فعالیت های اصلی دیگر به خود اختصاص داده است. همچنین در فعالیت بازدید الکتریکال و جابجایی بار بیشترین ریسک در سطح غیر قابل قبول مشاهده شده است.

شکل ۲ نشان دهنده تعداد کل خطاهای شناسایی شده را بر حسب نوع آن ها می باشد که بیشترین نوع خطا از نوع عملکردی است که ۶۳ مورد را به خود اختصاص داده و کمترین نوع خطا مربوط به نوع خطای انتخابی می باشد که حاکی از آن است که در شغل اپراتوری جرثقیل های برجی خطای انتخابی وجود ندارد. خطاهای عملکردی ۴۳٪ از کل خطاهای موجود را بخود تخصیص داده و بعد از آن خطای بازبینی ۲۶٪ نوع خطا را به خود

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

اختصاص داده است. انتظار می رود با انجام اقدامات موثر بتوان روند کاهشی خطاهای عملکردی را شاهد بود.

نتایج مربوط به ارزیابی خطاهای انسانی با استفاده از روش CREAM اولیه و گسترده

در این بخش، با توجه به آنکه نوع خطاها در وظایف و زیروظایف مختلف با استفاده از روش SHERPA تعیین گردید، جهت برآورد احتمال بروز هر خطا از روش CREAM استفاده شد.

ابتدا رابطه بین CPCs و سطح قابلیت اطمینان عملکرد برای هر کدام از زیر وظیفه ها و همچنین نتایج نهایی CREAM اولیه مشخص گردید. بر اساس سبک کنترلی برای زیر وظائف تعیین شده، مشخص گردید که ۱۳ زیروظیفه دارای کنترل استراتژیک، ۱۰ زیروظیفه دارای کنترل تاکتیکی و ۵ زیروظیفه دارای کنترل لحظه ای بودند. در زیر وظائف دارای کنترل استراتژیک، توانمندی سازمان در ۷ زیر وظیفه در سطح بسیار کارآمد و در ۶ زیر وظیفه در سطح کارآمد بوده است. نتایج نشان می دهد که توانایی سازمان در زیر وظائف اجرایی و فنی مانند برقراری ارتباط توسط اپراتور با ریگر و ارتباط رادیویی و یا بازدیدهای فنی مانند عملکرد سیستم رادیویی در سطح بسیار کارآمد (بهبود) و در زیر وظائف مرتبط با فرآیندهای ایمنی مانند بازدید از اتصالات و سکشن ها و بازدید از عملکرد لیورقلاب در سطح کارآمد (بی تاثیر) بوده است. شرایط کاری، در تمامی زیروظائف دارای کنترل استراتژیک در سطح متناسب (بی تاثیر) قرار دارد. تناسب سامانه های انسان، ماشین و حمایت موثر، تنها در زیروظائف مربوط به برقراری ارتباط اپراتور جرثقیل برجی با ریگر در سطح عالی (بهبود) قرار دارد. قابلیت دسترسی به روش ها و برنامه ها، برای تمامی زیروظائف بجز بازدید از اتصالات سکشن ها در سطح مناسب (بهبود) قرار دارد. اثر مورد انتظار روی قابلیت اطمینان عملکرد، در انجام دو یا چند کار بطور همزمان و زمان در دسترس برای انجام کار، در تمامی ۱۳ زیروظیفه دارای کنترل استراتژیک، به ترتیب بی تاثیر و بهبود بوده است. زمان انجام کار(ریتم سیرکادین)، در زیر وظایفی مانند T.C.O.7.3, T.C.O.7.5, T.C.O.7.6 و T.C.O.7.7 در سطح نامنظم (کاهش) است. کیفیت آموزش های موجود و تجربیات کاری، در زیروظیفه ی بازدید از اتصالات سکشن ها در سطح ناکافی (کاهش) قرار دارد و در زیر وظایفی مانند: T.C.O.3.1.، T.C.O.7.2، T.C.O.7.3، T.C.O.7.5، T.C.O.7.6 و T.C.O.7.7 در سطح کافی با تجربه محدود (بی تاثیر) است. نحوه همکاری و تعامل بین همکاران، در تمامی زیروظائف در سطح خوب قرار دارد.

بر اساس نتایج CREAM اولیه ، زیروظیفه ی بازرسی از عملکرد ACRS با CFPt معادل ۰،۰۰۰۳دارای بالاترین ضریب کنترلی و زیروظیفه بازرسی از حفاظ های موجود با میزان احتمال خطای کل ۰،۰۵۶ دارای کمترین ضریب کنترلی بودند.

شایان ذکر است که زیروظایف T.C.O.2.2 و T.C.O.8.4 به ترتیب با میزان احتمال خطای کل معادل ۰،۰۳۱۵ و هم چنین زیروظایف T.C.O.3.3 و T.C.O.8.3 به ترتیب با میزان احتمال خطای کل معادل ۰،۰۱۷۷ در زمره ی وظایف با ضریب کنترلی پایین بودند. ۴۶٪ سبک های کنترلی از نوع استراتژیک، ۳۶٪ درصد از نوع تاکتیکی و ۱۸٪ درصد از نوع لحظه ای بودند. (جدول۳)

نتایج تجزیه و تحلیل خطاهای انسانی اپراتور جرثقیل برجی در روش CREAM گسترده نشان داد که از کل خطاهای شناسایی شده، ۱۶ زیر وظیفه مربوط به خطای مشاهده، ۱۰ زیر وظیفه خطای اجرا، ۱ زیروظیفه خطای تفسیر و ۱ زیر وظیفه مربوط به خطای برنامه ریزی بوده است. بنابراین در روش CREAM گسترده، خطاهای مربوط به مشاهده (۵۷٪) و سپس اجرا (۳۶٪) مهم ترین خطاهای شناسایی شده تشخیص داده شدند. از نظر فعالیت های شناختی، تشخیص ۵۷ درصد، ارتباط ۱۸ درصد، اجرا ۱۴ درصد، هماهنگی ۷ درصد و مشاهده ۴ درصد از زیروظائف را شامل شدند. زیروظائف

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

جدول(۳)- نتایج نهایی CREAM اولیه و گسترده

وظایف اصلی	زیر وظایف	β	CFPt	سبک کنترلی	نوع فعالیت شناختی	نوع کارکرد شناختی	نوع خطای شناختی	CFPo	CFPi
T.C.O.1.		۰	۰,۰۰۵۶	تاکتیکی	اجرا	خطای اجرا	E5	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳
T.C.O.2.	T.C.O.2.1.	۴	۰,۰۵۶	لحظه ای	هماهنگی	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۷
	T.C.O.2.2.	۳	۰,۰۳۱۵	لحظه ای	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۳۹۳۶
	T.C.O.2.3.	۰	۰,۰۰۵۶	تاکتیکی	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۷
T.C.O.3.	T.C.O.3.1.	-۳	۰,۰۰۱	استراتژیک	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۱۲۴
	T.C.O.3.2.	-۴	۰,۰۰۰۶	استراتژیک	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۰۷
	T.C.O.3.3.	۲	۰,۰۱۷۷	لحظه ای	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۲۲۱
T.C.O.4.	T.C.O.4.1.	-۲	۰,۰۰۱۸	تاکتیکی	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۲۲۱
	T.C.O.4.2.	-۳	۰,۰۰۱	استراتژیک	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۱۲۴
	T.C.O.4.3.	۰	۰,۰۰۵۶	تاکتیکی	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۷
T.C.O.5.	T.C.O.5.1.	-۳	۰,۰۰۱	استراتژیک	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۱۲۴
	T.C.O.5.2.	-۵	۰,۰۰۰۳	استراتژیک	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۰۳۹
	T.C.O.5.3.	-۲	۰,۰۰۱۸	تاکتیکی	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۲۲۱
T.C.O.6.	T.C.O.6.1.	-۳	۰,۰۰۱	استراتژیک	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۱۲۴
	T.C.O.6.2.	-۲	۰,۰۰۱۸	تاکتیکی	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۲۲۱
	T.C.O.6.3.	-۳	۰,۰۰۱	استراتژیک	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۱۲۴
	T.C.O.6.4.	-۴	۰,۰۰۰۶	استراتژیک	تشخیص	خطای مشاهده	O2	۰,۰۰۷	۰,۰۰۰۷
T.C.O.7.	T.C.O.7.1.	-۲	۰,۰۰۱۸	تاکتیکی	ارتباط	خطای اجرا	E4	۰,۰۰۳	۰,۰۰۰۹۴
	T.C.O.7.2.	-۴	۰,۰۰۰۶	استراتژیک	ارتباط	خطای اجرا	E4	۰,۰۰۳	۰,۰۰۰۳
	T.C.O.7.3.	-۳	۰,۰۰۱	استراتژیک	ارتباط	خطای اجرا	E4	۰,۰۰۳	۰,۰۰۰۵۳
	T.C.O.7.4.	-۲	۰,۰۰۱۸	تاکتیکی	ارتباط	خطای اجرا	E4	۰,۰۰۳	۰,۰۰۰۹۴
	T.C.O.7.5.	-۴	۰,۰۰۰۶	استراتژیک	ارتباط	خطای اجرا	E4	۰,۰۰۳	۰,۰۰۰۳
	T.C.O.7.6.	-۴	۰,۰۰۰۶	استراتژیک	ارتباط	خطای اجرا	E4	۰,۰۰۳	۰,۰۰۰۳
	T.C.O.7.7.	-3	۰,۰۰۱	استراتژیک	مشاهده	خطای تفسیر	I1	۰,۰۲	۰,۰۰۰۰۲
T.C.O.8.	T.C.O.8.1.	0	۰,۰۰۵۶	تاکتیکی	اجرا	خطای اجرا	E1	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳
	T.C.O.8.2.	0	۰,۰۰۵۶	تاکتیکی	اجرا	خطای اجرا	E5	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳
	T.C.O.8.3.	2	۰,۰۱۷۷	لحظه ای	اجرا	خطای اجرا	E5	۰,۰۰۳	۰,۰۰۹۴۸
	T.C.O.8.4.	3	۰,۰۳۱۵	لحظه ای	هماهنگی	خطای برنامه ریزی	P2	۰,۰۱	۰,۰۵۶۲۳

T.C.O.2.1 با CFPi معادل ۰۷.۰ (فعالیت شناختی هماهنگی و خطای شناختی مشاهده) و T.C.O.8.4 با CFPi معادل ۰۵.۰ (فعالیت شناختی هماهنگی و خطای شناختی برنامه ریزی) از مهم ترین وظائف شناسایی شده با احتمال خطای بالا بودند.

بحث

با توجه به آنکه جرثقیل های برجی دارای ریسک بالایی جهت وقوع حوادث در پروژه های عمرانی می باشند و خطای انسانی یکی از مهمترین دلایل حوادث مرتبط با جرثقیل های برجی می باشد در مطالعه حاضر به ارزیابی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

خطاهای انسانی اپراتور جرثقیل های برجی در پروژه های ساختمانی پرداخته شده است. نتایج روش SHERPA نشان داد که تعداد ۶۳ خطای انسانی شناسایی شده (۴۳٪ از کل خطاهای انسانی) مرتبط با عملکرد (اقدام) اپراتور جرثقیل برجی بود که بیشترین درصد خطا را به خود اختصاص داد. ۳۸ خطای انسانی (۲۶٪) مربوط به وظائف چک کردن، ۲۷ خطا (۱۹٪) مربوط به تبادل اطلاعات و ۱۸ خطای انسانی مرتبط با بازیابی (مانند در دسترس نبودن اطلاعات یا نقص اطلاعات) می باشد و در این بررسی خطاهای انتخابی وجود نداشته و کمترین درصد خطاها از نوع انتخابی بوده است. در تحقیقی که توسط Mandal و همکاران در سال ۲۰۱۵ در خصوص بکارگیری روش SHERPA در شناسایی خطاهای اپراتور جرثقیل سقفی و دروازه ای صورت گرفت، مشخص شد که روش SHERPA در شناسایی خطاهای مرتبط با جابجایی بارهای حساس و خطرناک توسط اپراتورها و کاهش حوادث موثر می باشد و با توجه به اینکه حذف کامل انسان از عملیات باربرداری جرثقیل امکان پذیر نبوده، در نتیجه تعداد زیادی خطا از وظایف انجام فعالیت وجود دارد که توسط مداخلات اپراتورها انجام می شود و یک اشتباه کوچک انسانی می تواند منجر به عواقب فاجعه بار شود. در پژوهش مذکور بیشترین نوع خطاها مربوط به خطاهای عملکردی می باشد (۳۱)، که در تحقیق حاضر هم همین نتیجه از بکارگیری روش SHERPA بدست آمده است. در همین راستا برای کاهش این نوع خطا با استفاده از اقدامات اصلاحی لازم از جمله آموزش، نظارت، استفاده از جرثقیل های برجی نوین و مجهز به سیستم های هوشمند، استفاده ازسیستم های tag out و چک کردن در زمان مناسب، فرصت رخداد خطای عملکردی از فرد گرفته می شود، که این امر می تواند در کاهش ریسک غیرقابل قبول تأثیر فراوانی داشته باشد. همچنین نتایج استفاده از روش SHERPA در تحقیق کریمی و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه حاضر همخوانی دارد و بیشترین خطاها در انجام ۷ وظیفه اصلی اپراتور جرثقیل های برجی مربوط به خطاهای عملکردی می باشد و بیشترین درصد از انواع خطاهای موجود را به خود اختصاص داده است (۳۲). در نهایت به منظور پیشگیری و کاهش وقوع هر کدام از خطاهای شناسایی شده و محدود کردن پیامد های ناشی از آن ها اقدامات کنترلی مناسب در قالب تغییرات سخت افزاری در طراحی تجهیزات، نصب تجهیزات جدید و به روز، تغییر در روش های کاری، نوع آموزش، بازنگری، تدوین و به روز کردن دستورالعمل های کاری ضروری به نظر می رسد (۳۳). کلیه مطالعات ذکر شده توسط روش SHERPA حاکی از کیفی بودن ارزیابی های صورت گرفته از طریق این روش بوده و نشان دهنده آن است که به دلیل عدم بررسی عوامل موثر بر عملکرد، روش مذکور از دقت بالایی برخودار نیست و استفاده از روش های مکملی نظیر روش CREAM جهت کمی سازی احتمال بروز خطاهای انسانی ضروری به نظر می رسد. بنابراین نتایج حاصل از به کارگیری روش مکمل مذکور، حاکی از آن است که زمان انجام کار، کیفیت آموزش های موجود و تجربیات کاری و انجام دو یا چند کار به طور همزمان از جمله عوامل کاهنده عملکرد می باشند. با آنکه، متفاوت بودن وظایف در مشاغل مختلف منجر به متفاوت بودن عوامل کاهنده عملکرد می گردد اما در مطالعات صورت گرفته توسط برقعی پور و همکاران و همچنین مظلومی و همکاران دقیقا همین سه عامل، از فاکتورهای مرتبط با کاهش اطمینان عملکرد بوده اند (۲۲, ۳۰). اما در دیگر مطالعات، شرایط کار، زمان در دسترس برای انجام کار، قابلیت دسترسی به روش ها و برنامه ها و تناسب سیستم های انسان و ماشین نیز به عنوان عوامل کاهنده عملکرد شناسایی شدند (۱۹, ۲۰). جهت کاهش خطاهای انسانی اپراتور جرثقیل های برجی و افزایش قابلیت اطمینان عملکرد باید روی کاهش عوامل کاهنده عملکرد تمرکز کرد. در این راستا باید با تغییر الگوی شیفت کاری برای اپراتورهای جرثقیل های برجی و عدم ارجاع کار اضافی به اپراتورها که موجب خستگی آن ها می گردد مانع از بروز خطای انسانی گردید. این امر مستلزم تعهد مدیریت و عدم Outsources کردن قرارداد های اپراتورها و گروه

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

اجرایی که در عملیات باربرداری دخیل هستند می باشد. شایان ذکر است که زمان بندی دقیق تر توسط مدیران پروژه می تواند در کاهش خطاها موثر باشد. در راستای افزایش کیفیت آموزش ها و تجربیات، پیاده سازی استانداردهایی نظیر ISO 15513 (مرتبط با ویژگی ها و صلاحیت اپراتور جرثقیل)، ISO 23853 (مرتبط با ویژگی ها و صلاحیت طناب بند ها و علامت دهندگان جرثقیل) و ISO 9926_3 (مرتبط با آموزش اپراتورهای جرثقیل برجی) و همچنین تعیین صلاحیت کلیه اپراتور ها توسط مراکز ذیصلاح و اخذ گواهی نامه قبل از مراحل استخدامی ضروری به نظر می رسد. در خصوص انجام دو یا چند کار همزمان، با به روز رسانی دستورالعمل ها و پیاده سازی ISO 12480-3 (مرتبط با کاربری ایمن) می توان در جهت کاهش خطاهای انسانی اپراتور جرثقیل های برجی گام برداشت. در تحقیق حاضر، کمترین سطح کنترل، مربوط به زیروظیفه ی بازرسی از حفاظ های موجود بوده است. دلیل این امر عدم نظارت کافی مهندسین ناظر نظام مهندسی ساختمان است که باید بر اساس آموزش های دریافت شده از سوی سازمان فنی و حرفه ای، نظارت دقیق تری در اجرای ایمن فعالیت های باربرداری داشته باشند.

با توجه به مدهای کنترلی بدست آمده در این پژوهش، نیز باید اقداماتی در خصوص حرکت به سمت کنترل استراتژیک صورت پذیرد چرا که در کنترل استراتژیک امکان بروز خطای انسانی بسیار محدود می شود (۳۰). در این راستا ایجاد بازرسی منظم بر اساس استاندارد ISO11660_3 (مرتبط با دسترسی و حفاظ های جرثقیل برجی) و پیاده سازی استانداردهایی نظیر ISO 12478 ، ISO 23815_1 و ISO12482_1 (مرتبط با نگهداری پیشگیرانه جرثقیل ها) ضروری می باشند. همچنین با توجه به نتایج CREAM گسترده، بیشترین درصد از کل خطاهای شناسایی شده مربوط به خطای مشاهده بوده است. بنابراین نتایج CREAM در تایید روش SHERPA نیاز به اقداماتی در راستای آموزش های مداوم، بروز رسانی دستورالعمل ها، بازرسی نقاط دسترسی و حفاظ های مناسب جرثقیل برجی را جهت کاهش خطا نشان می دهد.

نتیجه گیری

تحقیقات در حوادث پیشین نشان می دهد که خطای انسانی شایع ترین علت شکست در عملیات بالا بردن اجسام می باشد. با وجود اینکه تجزیه و تحلیل خطای انسانی به خوبی بررسی و توسعه یافته است، اما مطالعات بسیار کمی در خصوص تجزیه و تحلیل خطاهای انسانی در عملیات جرثقیل برجی انجام شده است. حذف کامل انسان از عملیات جرثقیل برجی تا امروز امکان پذیر نبوده است و در نتیجه بخش بزرگی از وظایف توسط مداخلات مستقیم اپراتور انجام می شود. پژوهش حاضر با هدف مدیریت عملیات جرثقیل های برجی، چارچوب معینی جهت تعیین کمی ریسک های مرتبط با خطاهای انسانی در وظایف مختلف را فراهم می نماید. روش های ارائه شده در این مقاله محدود به شناسایی خطاهای انسانی بر مبنای ریسک های در معرض می باشد. بنابراین برای تحقیقات آینده می توان فاکتورهای شکل دهنده عملکرد(PSF) را در چارچوب تجزیه و تحلیل ریسک مد نظر قرار داد. همچنین، در این مطالعه فقط از ترکیب دو روش مذکور استفاده شده است و پیشنهاد می گردد در مطالعات آتی برای افزایش دقت برآورد احتمال خطای انسانی و همچنین تعیین روابط بین عوامل اثرگذار بر عملکرد با نوع خطا، از روش های فازی و بیزین استفاده گردد. در آخر می بایست اشاره نمود که هرچند، علل حوادث جرثقیل های برجی اغلب به عنوان خطای اپراتور در نظر گرفته می شود، اما خطا در طراحی جرثقیل نیز یکی از مباحث بسیار مهم بوده که باید مد نظر قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از کلیه افرادی که در این پژوهش همکاری نموده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آورند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

REFERENCES

1. Atrkar Roshan S, Alizadeh SS. Estimate of economic costs of accidents at work in Iran: A case study of occupational accidents in 2012. Iran Occupational Health. 2015;12(1). [Persian]
2. Jabbari M, Ghorbani R. Developing techniques for cause-responsibility analysis of occupational accidents. Accident Analysis & Prevention. 2016;96:101-7.
3. Im H-J, Kwon Y-J, Kim S-G, Kim Y-K, Ju Y-S, Lee H-P. The characteristics of fatal occupational injuries in Korea's construction industry, 1997–2004. Safety Science. 2009;47(8):1159-62.
4. Neitzel RL, Seixas NS, Ren KK. A review of crane safety in the construction industry. Applied occupational and environmental hygiene. 2001;16(12):1106-17.
5. Ali M, Mohamad MI. Crane failure and accident in construction. Faculty of Engineering in Malaysia. 2016.
6. Kang S-C, Chi H-L, Miranda E. Three-dimensional simulation and visualization of crane assisted construction erection processes. Journal of Computing in Civil Engineering. 2009;23(6):363-71.
7. Raviv G, Fishbain B, Shapira A. Analyzing risk factors in crane-related near-miss and accident reports. Safety science. 2017;91:192-205.
8. Swuste P. A 'normal accident'with a tower crane? An accident analysis conducted by the Dutch Safety Board. Safety science. 2013;57:276-82.
9. Shepherd GW, Kahler RJ, Cross J. Crane fatalities—a taxonomic analysis. Safety Science. 2000;36(2):83-93.
10. Tam VW, Fung IW. Tower crane safety in the construction industry: A Hong Kong study. Safety Science. 2011;49(2):208-15.
11. Shin IJ. Factors that affect safety of tower crane installation/dismantling in construction industry. Safety science. 2015;72:379-90.
12. Raviv G, Shapira A, Fishbain B. AHP-based analysis of the risk potential of safety incidents: Case study of cranes in the construction industry. Safety science. 2017;91:298-309.
13. Mahdavi S, Farsani E, Taajvar A. Identification and assessment of human error due to design in petroleum refinery sour water equipment damage by SHERPA. J Health Saf Work. 2013;2(4):61-70.
14. Zare A, Yazdani Rad S, Dehghani F, Omidi F, Mohammadfam I. Assessment and analysis of studies related human error in Iran: A systematic review. Health and Safety at Work. 2017;7(3):267-78.
15. Borgheipour H, Tehrani GM, Eskandari D, Golmohammadi MR, Mohammadfam I. Assessment of Human Error Probability in Emergency Evacuation Using HEPI Method in Offshore Industry. Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume. 2018;5(2):28-38. [Persian]
16. Azhdari M, Monazami Tehrani G, Alibabaei A. Investigating the causes of human error-induced incidents in the maintenance operations of petrochemical industry by using HFACS. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2017;3(4):22-30. [Persian]
17. Shapira A, Lyachin B. Identification and analysis of factors affecting safety on construction sites with tower cranes. Journal of Construction Engineering and Management. 2009;135(1):24-33.
18. Dadgar P, Tehrani GM, Borgheipour H. Identification and Assessment of Human Error in CNG Stations with SHERPA Technique. International Journal of Environmental and Science Education. 2017.
19. Kiani M, Allahviranloo T, MOHAMMAD FI. Research of common performance conditions (CPCs) and determination of cognitive failure probability total (CFPt) using fuzzy CREAM. 2015. [Persian]
20. Mohammadfam I, Amid M, Hajiakbari M. The Study of Human Errors in De-mining Operations Using the CREAM. J Military Med. 2016;17(4):241-7. [Persian]
21. Habibi EA, Gharib SA, Mohammadfam I, Rismanchian M. Human Error Assessment and Management among Isfahan Oil Refinery Control Room Operators by SHERPA Technique. 2011.
22. Mazlomi A, Hamzeiyan Ziarane M, Dadkhah A, Jahangiri M, Maghsodepor M, Mohadesy P, et al. Assessment of Human Errors in an Industrial Petrochemical Control Room using the CREAM Method with a Cognitive Ergonomics Approach. Journal of School of Public Health & Institute of Public Health Research. 2011;8(4). [Persian]
23. Ziarani MH, Mazloumi A, Jahangiri M, Kazemi Z, Ziaei M, Mohadesy P. Determining Human Error Global Causes in a Petrochemical Control Room with a Cognitive Analytical Approach-CREAM. International Journal of Occupational Hygiene. 2017;9(4).
24. Saeidi Chiman NT, Dastaran Saman. Evaluation of

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]

Human Errors in Eye Cataract Surgery Using Phaco Method Using SHERPA and CREAM. 9th National Congress of Occupational Health and Safety. 2016 [Persian].

25. De Felice F, Petrillo A, Zomparelli F. A hybrid model for human error probability analysis. IFAC-PapersOnLine. 2016;49(12):1673-8.
26. Stanton NA, Harris D, Salmon PM, Demagalski JM, Marshall A, Young MS, et al. Predicting design induced pilot error using HET (Human Error Template)–A new formal human error identification method for flight decks. The aeronautical journal. 2006;110(1104):107-15.
27. Embrey D, editor SHERPA: A systematic human error reduction and prediction approach. Proceedings of the international topical meeting on advances in human factors in nuclear power systems; 1986.
28. Hollnagel E. Cognitive reliability and error analysis method (CREAM): Elsevier; 1998.
29. Mohammadfam I, Movafagh M, Soltanian A, Salavati M, Bashirian S. Identification and evaluation of human errors among the nurses of coronary care unit using CREAM techniques. 2014. [Persian]
30. Borgheipour H, Mohammadfam I, Narenji MA. Assessing and Comparing Human Errors in Technical operations in Petroleum Wells using Extended CREAM Technique. International Journal of Occupational Hygiene. 2017;9(3):132-41.
31. Mandal S, Singh K, Behera R, Sahu S, Raj N, Maiti J. Human error identification and risk prioritization in overhead crane operations using HTA, SHERPA and fuzzy VIKOR method. Expert Systems with Applications. 2015;42(20):7195-206.
32. Karimi S, Mirzaei AM, Mohammad FI. Using SHERPA to identify and assess human errors during blasting in an iron ore mine. 2015. [Persian]
33. Ghasemi M, Zakerian A, Azhdari M. Control of Human Error and comparison Level risk after correction action With the SHERPA Method in a control Room of petrochemical industry. Iran Occupational Health. 2011;8(3):2-0. [Persian]

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-06]