

تجزیه و تحلیل مجموعه ریسک های ارگونومیک و ریسک های ماشین آلات در پروژه عمرانی (پروژه راه آهن چابهار-زاهدان، کارگاه قطعه ۶ب)

پیمان دادکانی^{۱*}، امید حیدری^۲، سعید شهناوی^۳، امیرحسین قنبری^۴

*۱- کارشناسی ارشد رشته برنامه ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

۲- کارشناسی ارشد رشته برنامه ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

۳- دانشجوی کارشناسی مهندسی HSE، دانشگاه علمی کاربردی زاهدان

۴- کارشناسی ارشد رشته مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

ایمیل نویسنده مسئول: dadkani.p@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۰

چکیده

پروژه های عمرانی گسترده ای از جمله سدسازی، راه سازی، انتقال آب، تسطیح اراضی و راه آهن در کشور در حال فعالیت می باشند که در کلیه این پروژه ها نیروی انسانی و تجهیزات نقش مهم و تعیین کننده ای دارند. هدف از این تحقیق شناسایی مخاطرات ارگونومیک محیط اداری و فعالیت ماشین آلات کارگاه قطعه ۶ب پروژه راه آهن چابهار - زاهدان می باشد. برای گردآوری اطلاعات، پرسشنامه هایی تدوین و در بین خبرگان کارگاه که مجموعه ای از مدیران ارشد و مدیران میانی کارگاه بودند توزیع شد. پس از تکمیل پرسشنامه، داده های بدست آمده با استفاده از تکنیک FMEA مورد تجزیه تحلیل قرار گرفتند و سه شاخص احتمال، شدت و احتمال تشخیص ریسک و در نهایت رتبه هر ریسک تعیین شد. نتایج ارزیابی ریسک محیط اداری شامل دفتر فنی، HSE، منابع انسانی و انبار نشان دهنده ۱۷ ریسک ارگونومیک در محیط های اداری است که بیشترین میزان ریسک مربوط به واحد انبار با رتبه ریسک ۱۹۶ و ریسک جابجایی تجهیزات است. بررسی خطرات فعالیت ماشین آلات بیانگر ۱۸ خطر مربوط به بیل مکانیکی، کمپرسی، غلتک، گریدر و لودر را نشان می دهد. بالاترین رتبه خطر مربوط به دستگاه بیل مکانیکی با درجه ریسک ۱۹۲ با خطر ریزش سنگ از ترانشه است. تمامی ریسک های شناسایی شده در گروه ریسک هایی با رتبه ریسک پایین قرار می گیرند.

کلمات کلیدی

"خطرات ارگونومیک"، "پروژه راه آهن"، "ارزیابی ریسک"، "FMEA"

۱- مقدمه

موجود، شناسایی شده و داده های با ارزشی برای تصمیم گیری در زمینه کاهش ریسک و خطرات، بهسازی سیستم های کنترل و برنامه ریزی برای آن ها فراهم می شود (Ghahremani, ۲۰۰۵). اطلاعات حاصل از ارزیابی ریسک سه کاربرد اساسی دارد که شامل اولویت بندی درجه اهمیت خطرات جهت اختصاص خطرات برای منابع محدود مالی، فنی و انسانی در برطرف سازی نقایص و بهبود شرایط، تعیین نقاطی که نیازمند بهینه سازی از نظر ایمنی و بهداشت حرفه ای هستند تا ریسک آنها به حداقل قابل تحمل کاهش یابد و در نهایت تعیین محتوای آموزش های کلاسیک ضمن کار در زمینه ایمنی و بهداشت حرفه ای می باشد (Stanton et al, ۲۰۱۷). از بین روش های مختلف برای ارزیابی ریسک اما یک روش سودمند ارزیابی ریسک وجود دارد که علاوه بر ویژگی ساده بودن باید متناسب با ماهیت فعالیت ها، فرایندها، فرهنگ و سایر ویژگی های سازمان مورد نظر باشد. ازجمله روش های ارزیابی ریسک موجود روش تجزیه و تحلیل حالت شکست و اثرات ناشی از آنها (FMEA)

روند بروز حوادث در محیط های صنعتی به دلیل افزایش فعالیت های صنعتی، گسترش فناوری و افزایش کاربرد ماشین آلات افزایش داشته است. در سیستم های سنتی بررسی علت حوادث پس از وقوع حوادث، ایجاد خسارت جبران ناپذیر تعیین می شوند به عبارتی پس از حادثه نقایص سیستم و یا فرایند مشخص می شود. امروزه به دلیل وجود روش های مختلف شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک می توان نقاط حادثه خیز و بحرانی را قبل از رخ دادن حادثه تعیین کرد و اقدامات لازم را جهت پیشگیری از وقوع حوادث و اقدامات کنترلی بکار گرفت. برای شناسایی و اولویت بندی ریسک ها می توان از روش شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک که روش ساختار یافته ای است استفاده کرد (Pinto, QRAM, ۲۰۱۴). ارزیابی ریسک یک روش منطقی است که ارزیابی کمی و کیفی خطرات و بررسی پیامدهای بالقوه ناشی از حوادث احتمالی بر روی افراد، مواد، تجهیزات و محیط می سنجد. در حقیقت از این طریق میزان کارآمدی روش های کنترلی

وجود دارد (Stanton et al, ۲۰۱۷). FMEA، یک تکنیک سیستماتیک می‌باشد که ابتدا به تعریف، شناسایی ریسک‌های بالقوه، علل و عواقب و ارزیابی خطر وقوع آنها با در نظر گرفتن اقدامات الزامی برای حذف یا کاهش احتمال وقوع ریسک‌های بالقوه‌ی آن پروژه را انجام داده و در نهایت به اجرای نهایی می‌پردازد (Xiao, Hunag, ۲۰۱۱). نتیجه ارزیابی ریسک به روش FMEA با بالا بردن کیفیت یک سیستم با به حداقل رساندن ریسک‌های پروژه همراه است و موجب بالا بردن ایمنی محیط و افزایش صرفه‌ی اقتصادی شود (Nguyen, ۲۰۱۶). (Shu, & Hsu). از کاربرد FMEA بیش از ۴۰ سال در دنیا می‌گذرد. تلاش به منظور جلوگیری از بروز ریسک از اهم دلایل بکارگیری این روش می‌باشد. تجزیه و تحلیل حالات خرابی بالقوه و اثرات آن (FMEA) ابزاری است که در صنایع مختلفی همچون صنایع خودروسازی، صنایع هوایی، صنعت الکترونیک و سایر صنایع به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ابزار در کاربردهایی همچون شناسایی، اولویت بندی، بر طرف نمودن ریسک‌های بالقوه شناسایی شده، سیستم در دست طراحی، تولید یا مونتاژ استفاده می‌شوند (Rhee, ۲۰۰۳). در فرایند ارزیابی ریسک بایستی میزان تأثیر هر رویداد نیز مورد توجه قرار گیرد. نتایج حاصل از ارزیابی ریسک در واقع داده‌های ورودی کلیدی برای سایر مراحل مدیریت ریسک محسوب می‌شوند (Rout, Sikdar, ۲۰۱۷).

۲- مفاهیم و پیشینه تحقیق

در برنامه ریزی ایمنی شما با مفاهیم و تعاریف مواجه می‌شوید. از دیدگاه Sultana و همکاران ریسک مجموعه‌ای از شرایط سیستم یا حالت‌های سیستمی است که همراه با شرایط عملیاتی می‌تواند منجر به حوادث و حوادث غیرمنتظره شود (Sultana et al, ۲۰۱۹). طبق OHSAS، خطر ممکن است ایجاد شرایط خاص در یک موقعیت یا محیط کاری معین باشد (OHSAS, ۲۰۰۷). در پاراگراف دیگری، OHSAS شدت خطر را به عنوان هر تعریفی از سطوح خطر تعریف می‌کند که پتانسیل واقعی و مشاهده ضایعه، جراحت و آسیب را طبقه بندی می‌کند (OHSAS, ۲۰۰۷). پیامدها حاکی از اثرات نامطلوب هر نوع اتفاقی است (Sultana et al, ۲۰۱۹). طبق تعاریف OHSAS، رویدادی که منجر به جراحت، بیماری یا مرگ شود، طبق تعاریف OHSAS یک حادثه است (OHSAS, ۲۰۰۷). ایمنی به عنوان اجتناب نسبی از خطر، آسیب یا ضرر تعریف می‌شود. برابری ریسک را احتمال و پیامد خطراتی می‌داند که در یک فعالیت یا موقعیت وجود دارد (Brauer,

Ale, ۲۰۱۶). ارزیابی ریسک را فرآیندی می‌داند که در آن ریسک‌ها پس از تجزیه و تحلیل برای پذیرش مورد بررسی قرار می‌گیرند (Ale, ۲۰۰۲). یکی از تعاریف‌های ریسک، استفاده منظم از اطلاعات موجود برای شناسایی خطرات و تخمین میزان خطر برای افراد، اموال و محیط زیست است. تجزیه و تحلیل ریسک همیشه یک رویکرد پیشگیرانه بوده است، به این معنی که منحصراً برای حوادث احتمالی است. این بر خلاف تحقیقات پس از تصادف است، که یک رویکرد واکنشی است که علل و شرایط تصادفات را ردیابی می‌کند (Rausand, ۲۰۱۳). از پژوهش‌های گذشته می‌توان به ارزیابی خطر آتش سوزی و شبیه‌سازی تخلیه اضطراری در بیمارستان توسط مهدی جهانگیری و همکارانش اشاره کرد. در این روش تحلیل حالت و اثر شکست (FMEA) در ترکیب با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد و در نهایت بخش‌هایی از بیمارستان که بیشترین خطر را داشتند تعیین شدند (Jahangiri et al, ۲۰۲۲). Hassan Iqbal. در تحقیق با عنوان نقشه برداری ویژگی‌های فرهنگ ایمنی با برنامه مدیریت یکپارچه برای دستیابی به اهداف ارزیابی: چارچوبی برای صنعت خطوط لوله نفت و گاز یک چارچوب یکپارچه مبتنی بر ممیزی‌های نظارتی برای ارزیابی بلوغ فرهنگ ایمنی بر اساس کارایی IMP از طریق رویکرد مبتنی بر ریسک با استفاده از تحلیل حالت شکست و اثر (FMEA) ایجاد کرده‌اند که در نهایت چارچوب یکپارچه توسعه یافته در این تحقیق مکانیسم ارزیابی موجود در شرکت‌های O&G را بهبود می‌بخشد و در ۱۷ شرکت فعال شده است (Iqbal et al, ۲۰۱۹). یک روش ارزیابی ریسک و اولویت‌بندی برای FMEA با تئوری چشم‌انداز و انتگرال توسط Wang در سال ۲۰۱۸ صورت پذیرفت. در این پژوهش ارزیابی ریسک و اولویت‌بندی حالت شکست موضوع مهمی در رویکرد FMEA است که به عنوان یک مشکل MCDM (تصمیم‌گیری چند معیاره) در نظر گرفته شده است. پس از محاسبه ارزش چشم‌انداز هر حالت شکست، روش وزن دهی آنتروپی برای به دست آوردن عدد اولویت ریسک کلی (RPN) مرتبط با هر حالت خرابی استفاده می‌شود و رابطه ترجیحی نسبی برای اولویت بندی حالت شکست معرفی می‌شود (Wang, ۲۰۱۸).

۳- روش انجام تحقیق

- محدوده مورد مطالعه

کارگاه قطعه ۶ ب راه آهن چابهار- زاهدان یکی از نه کارگاه این پروژه می‌باشد. این کارگاه در ۲۵ کیلومتری مسیر خاش به ایرانشهر در محل تقاطع دورراهی ایرندگان

▪ مقایسه ریسک های ارگونومیک و ماشین آلات

• تکنیک FMEA

اگر FMEA توسط یک گروه به جای یک فرد تجزیه و تحلیل شود، احتمال بیشتری وجود دارد که خطاهای بالقوه را شناسایی کند. بنابراین، به محققان توصیه می شود FMEA را توسط یک تیم تجزیه و تحلیل کنند. FMEA به طور کلی پیشگیرانه و کاملاً ذهنی است. روشی که مستلزم پیش بینی خطاها و ارائه روشی برای جلوگیری از خطاها است. این پیش بینی توسط متخصصان در مورد فرآیند انجام می شود (Liu, ۲۰۱۶). تجزیه و تحلیل خطرات شناسایی شده با در نظر گرفتن عوامل خطر وقوع

(O)، شدت (S) و تشخیص (D). هدف اصلی FMEA

این است که به تحلیلگرها اجازه دهد تا حالت های خرابی یک سیستم، طراحی، فرآیند، محصول یا خدمات را برای تخصیص منابع محدود به موارد پرخطر اولویت بندی کنند. اولویت بندی حالت های خرابی در FMEA از طریق شماره اولویت ریسک (RPN) تعیین می شود که به عنوان ضریب عوامل خطر D، S و O برای هر خطری که O مخفف احتمال وقوع است، S شدت خطر را نشان می دهد، D احتمال تشخیص ریسک را نشان می دهد و RPN نشان دهنده شماره اولویت ریسک است. سه عامل خطر در جداول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- شاخص احتمال، شدت و کشف ریسک (Hamta et al, ۲۰۲۱)

واقع شده است. مجموعه فعالیت عمرانی این کارگاه مسیری به طول ۷۲ کیلومتر می باشد. حدود ۴۰۰ نیروی انسانی و ۹ پیمانکار در این کارگاه مشغول فعالیت می باشند. از جمله واحدهای مستقر در این کارگاه می توان به واحدهای HSE، اداری، مالی، ماشین آلات، دفتری، امور مالی، انبار، آشپزخانه و ... اشاره کرد. در شکل ۱ محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

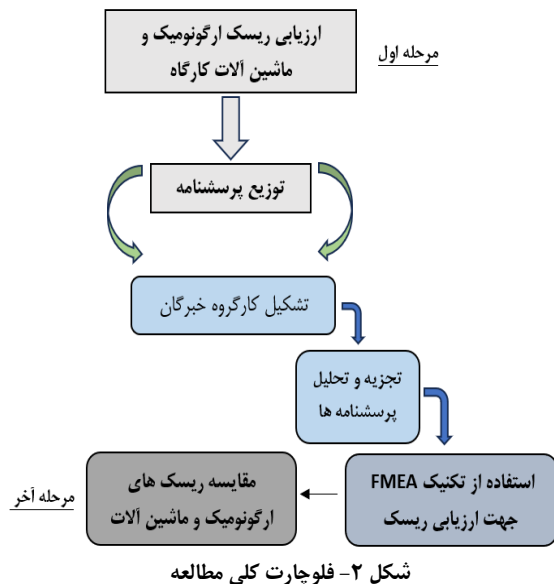
• روش پژوهش

پژوهش حاضر به روش ارزیابی - تحلیلی؛ و از نوع پیمایشی است. برای جمع آوری و گردآوری اطلاعات از روش مطالعات کتابخانه ای و تدوین پرسشنامه استفاده شده است. پرسشنامه ها در بین ۲۰ نفر از پرسنل ارشد کارگاه از جمله مدیر کارگاه، جانشین مدیر کارگاه، مسئول ماشین آلات، مسئول HSE و دیگر مدیران واحدهای مستقر در مجموعه کارگاه راه آهن چابهار- زاهدان کارگاه ۶ب توزیع و تکمیل گردید. میزان صحت و سقم روایی پرسشنامه تدوین شده در تحقیق حاضر توسط خبرگان کارگاه مورد تایید قرار گرفته و همچنین وضعیت پایایی پرسشنامه با تحلیل های انجام شده در نرم افزار SPSS و استفاده از ضریب آلفای کرونباخ برای سنجش و اندازه گیری میزان پایایی حدود ۰/۸۵ به دست آمده است که نشان از شرایط بهینه و پایا با پرسشنامه تدوین شده است. پس از تکمیل پرسشنامه و تجزیه تحلیل داده ها با استفاده از تکنیک FMEA به تجزیه تحلیل داده ها پرداخته شد و سه شاخص احتمال، شدت و احتمال تشخیص ریسک و در نهایت رتبه هر ریسک تعیین شد. سپس ریسک های ارگونومیک پرسنل اداری و ریسک های متعلق به فعالیت ماشین آلات مورد مقایسه قرار گرفتند.

▪ توزیع پرسشنامه بین خبرگان

▪ تشکیل کارگروه خبرگان و تجزیه و تحلیل داده ها

▪ استفاده از تکنیک FMEA جهت ارزیابی ریسک



رتبه	احتمال وقوع (O)	شدت پیامد (S)	کشف یا ردیابی (D)
۱۰	فوق العاده زیاد (۱ < در ۲)	خطرناک- با هشدار	مطلقا هیچ
۹	خیلی زیاد (۱ در ۲)	خطرناک- هشدار	خیلی ناچیز
۸	زیاد (۱ در ۸)	شدید	ناچیز
۷	زیاد (۱ در ۲۰)	زیاد	خیلی کم
۶	متوسط (۱ در ۸۰)	قابل توجه	کم
۵	متوسط (۱ در ۴۰۰)	متوسط	متوسط
۴	متوسط (۱ در ۲۰۰۰)	کم	نسبتا زیاد
۳	کم (۱ در ۱۵۰۰۰)	ناچیز	زیاد
۲	کم (۱ در ۱۵۰۰۰۰)	خیلی ناچیز	خیلی زیاد
۱	بعید (۱ در ۱۵۰۰۰۰۰)	هیچ	تقریبا مطمئن

۴- نتایج

ارزیابی ریسک ارگونومیک

با بررسی ریسک های واحدهای اداری در ۴ واحد دفترتی، منابع انسانی، HSE و انبار مجموعا ۱۷ ریسک شناسایی شد. در سه واحد دفترتی، منابع انسانی و HSE ۴ ریسک مشترک کار یکنواخت و ثابت، تشعشعات مانیتور، روشنایی نامناسب و استرس کاری مورد بررسی قرار گرفتند. علاوه بر ۴ ریسک اشاره شده در سه واحد ریسک جابجایی تجهیزاتی و ابزارآلات در واحد انبار مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت. کلیه رتبه های ریسک بدست آمده در زمره ریسک های با درجه ریسک کم جای می گیرند. بالاترین عدد های بدست آمده به ترتیب مربوط به خطرات جابجایی تجهیزاتی در واحد انبار با رتبه ریسک ۱۹۶، استرس کاری در واحد HSE با رتبه ریسک ۱۸۹، تشعشعات مانیتور در واحد منابع انسانی با رتبه ریسک ۱۸۹ و کار یکنواخت و ثابت در واحد دفتر فنی با رتبه ریسک ۱۸۹ می باشند. پایین ترین رتبه ریسک در بین ریسک های شناسایی شده در هر واحد می توان به ریسک های روشنایی نامناسب در ۴ واحد دفترتی، HSE، منابع انسانی و انبار می باشد. در جدول شماره ۲ ارزیابی ریسک ارگونومیک نشان داده شده است.

همان طور که ذکر شد عدد RPN از حاصلضرب سه مولفه احتمال ریسک، شدت ریسک و قابلیت کشف ریسک طبق فرمول شماره ۱ بدست می آید.

$$RPN=O \times S \times D \quad (1)$$

طبق فرمول بالا عدد ریسک بدست آمده به سه سه سطح کم ریسک، ریسک های ۱ الی ۳۰۰، ریسک های متوسط شامل ریسک های ۳۰۱ الی ۶۰۰ و ریسک های بالا با RPN ۶۰۱ الی ۱۰۰۰ تقسیم بندی می شوند. فلوجارت کلی مطالعه در شکل ۲ نمایان شده است.

جدول ۲- ارزیابی ریسک ارگونومیک

واحد	خطر بالقوه	احتمال ریسک	شدت ریسک	قابلیت کشف	رتبه ریسک R.P.N
دفتر فنی	کار یکتاخت و ثابت	۹	۷	۳	۱۸۹
	تشحات مایکرو	۸	۷	۳	۱۶۸
	روشنایی نامناسب	۶	۵	۲	۶۰
	اسکرس کاری	۷	۷	۳	۱۴۷
منابع انسانی	کار یکتاخت و ثابت	۸	۷	۳	۱۶۸
	تشحات مایکرو	۹	۷	۳	۱۸۹
	روشنایی نامناسب	۶	۵	۲	۶۰
	اسکرس کاری	۶	۶	۲	۷۲
HSE	کار یکتاخت و ثابت	۷	۶	۳	۱۲۶
	تشحات مایکرو	۷	۵	۳	۱۰۵
	روشنایی نامناسب	۶	۵	۲	۶۰
	اسکرس کاری	۹	۷	۳	۱۸۹
انبار	کار یکتاخت و ثابت	۸	۵	۳	۱۲۰
	تشحات مایکرو	۷	۵	۳	۱۰۵
	روشنایی نامناسب	۶	۵	۲	۶۰
	اسکرس کاری	۷	۵	۲	۷۰
	جاذبه‌های تجهیزات و ابزار آلات	۷	۷	۴	۱۹۶

جدول ۳- ارزیابی ریسک فعالیت ماشین آلات

ماشین آلات	خطر بالقوه	احتمال وقوع ریسک	شدت ریسک	قابلیت کشف	رتبه ریسک R.P.N
بیل مکانیکی	برخورد با سایر ماشین آلات	۴	۷	۴	۱۱۲
	ریزش سنگ از ترانسه	۶	۸	۴	۱۹۲
	آلودگی هوا	۷	۶	۳	۱۲۶
	بلرگیری بیش از ارتفاع دیواره ماشین آلات	۴	۶	۴	۹۶
غلتک	ارتفاع خاکریز	۶	۷	۳	۱۲۶
	برخورد با سایر ماشین آلات	۴	۷	۴	۱۱۲
	برخورد با سایر ماشین آلات	۵	۶	۴	۱۲۰
	ریزش سنگ از ترانسه	۵	۷	۴	۱۴۰
کمپرسی	آلودگی هوا	۷	۶	۳	۱۲۶
	بلرگیری بیش از ارتفاع دیواره ماشین آلات	۵	۶	۴	۱۲۰
	برخورد با سایر ماشین آلات	۴	۶	۴	۹۶
	ارتفاع خاکریز	۴	۸	۳	۹۶
گریدر	برخورد با سایر ماشین آلات	۵	۶	۴	۱۲۰
	ریزش سنگ از ترانسه	۵	۷	۴	۱۴۰
	آلودگی هوا	۵	۶	۳	۹۰
	برخورد با سایر ماشین آلات	۵	۶	۴	۱۲۰
لودر	ریزش سنگ از ترانسه	۵	۷	۴	۱۴۰
	آلودگی هوا	۵	۶	۳	۹۰

ارزیابی فعالیت ماشین آلات

با بررسی ریسک ماشین آلات بیل مکانیکی، غلتک، کمپرسی، گریدر و لودر مجموعاً ۱۸ ریسک شناسایی شد. احتمال هر ریسک برحسب تعداد ماشین آلات فعال در کلیه جبهه های کاری تعیین شد. برای بیل مکانیکی ۴ ریسک، غلتک ۲ ریسک، کمپرسی ۶ ریسک، گریدر ۳ ریسک و لودر ۳ ریسک شناسایی شد. بالاترین رتبه ریسک در بین ماشین آلات متعلق به بیل مکانیکی با عدد ریسک ۱۹۲ مربوط به خطر ریزش سنگ از ترانسه می باشد. ریسک های بعدی به ترتیب مربوط به خطر ریزش سنگ در بین ماشین آلات کمپرسی، گریدر و لودر با عدد ریسک ۱۴۰ می باشد. پایین ترین رتبه ریسک متعلق به لودر و گریدر مربوط به ریسک آلودگی هوا می باشد، رتبه ریسک این فعالیت ۹۰ می باشد. کلیه ریسک های شناسایی شده در محدوده کم ریسک با بازه ۹۰ الی ۱۹۲ می باشد. در جدول شماره ۳ ارزیابی ریسک فعالیت ماشین آلات ارائه شده است.

۵- نتیجه گیری

هدف این تحقیق شناسایی ریسک ها در دو حوزه ارگونومیک و فعالیت ماشین آلات با استفاده از روش FMEA بوده است. نتایج بدست آمده بیانگر این است که ۱۷ ریسک ارگونومیک شناسایی شده از احتمال ریسک بیشتری برخوردار بوده و ۱۸ ریسک مرتبط با فعالیت ماشین آلات دارای شدت ریسک بالاتری می باشند. بالاترین رتبه ریسک در دو مورد ارزیابی متعلق به خطر جابجایی تجهیزات و ابزارآلات فعالیت ارگونومیک در انبار می باشد با عدد ریسک ۱۹۶ و پایین ترین رتبه ریسک نیز متعلق به فعالیت های ارگونومیک و خطر بالقوه روشنایی نامناسب می باشد با عدد ریسک ۶۰. مجموع ۳۵ ریسک شناسایی شده در گروه خطرات با رتبه ریسک کم می باشند که آمار پایین حوادث کارگاه نیز گواه این می باشد. در پایان پیشنهاداتی در زمینه اقدامات کنترلی برای

ریسک های ارگونومیک و فعالیت ماشین آلات در جدول ۴
ارائه شده است.

اقدامات کنترلی	خطر بالقوه
تهیه تجهیزات استاندارد برای کار- آموزش های کار یکنواخت و ثابت	ارگونومی مورد نیاز، استراحت ۱۰ دقیقه به ازای ۳۰ دقیقه کار ثابت، چرخش منظم شیفت کاری
استفاده از نرم افزار برای بهبود نور ماتیور، رعایت فاصله مناسب با ماتیور	تشنج ماتیور
تهیه و جلمایی استاندارد منابع روشنایی	روشنایی نامناسب
اختصاص نیروی کار کافی- فراهم کردن شرایط کاری آرام	استرس کاری
چرخش منظم شیفت پرسنل، آموزش های ارگونومی مورد نیاز، استفاده از تجهیزات مناسب جهت جابجایی ابزار	جابجایی وسایل سنگین
رعایت حداقل فاصله مجاز ۶۰ سانتی متر، آموزش، نصب آلارم هشداردهنده دنده عقب، تعیین محدوده عملیات با علام هشداردهنده	برخورد با سایر ماشین آلات
جدا کردن سنگ های سست در ترانسه، استفاده از وسایل حفاظت فردی، تعیین محدوده عملیات با علام هشداردهنده	ریزش سنگ از ترانسه
آب پاشی محل کار- استفاده از ماسک	آلودگی هوا
آموزش و نظارت مستمر	بارگیری بیش از ارتفاع دیواره ماشین آلات
آموزش، تعیین محدوده خطر	ارتفاع خاکریز

جدول ۴- اقدامات کنترلی

فعالیت ماشین آلات

منابع

- Pinto, A. QRAM, A. ۲۰۱۴. Qualitative Occupational Safety Risk Assessment Model for the construction industry that incorporate uncertainties by the use of fuzzy sets. Safety Science, P. ۵۷-۷۶
- Ghahremani, A. ۲۰۰۵. Fire risk assessment. ۲ th National Saf Con Port. In: Tehran.
- Nguyen, T.L., Shu, M.H., & Hsu, B.M. ۲۰۱۶. Extended FMEA for sustainable manufacturing: An empirical study in the non-woven fabrics industry. Sustainability, ۸(۹), ۹۳۹.
- Stanton, N. A., Salmon, P. M., Rafferty, L. A., Walker, G. H., Baber, C., & Jenkins, D. P. ۲۰۱۷. Human factors methods: a practical guide for engineering and design: CRC Press.
- Xiao, N., Huang, H. Z., Li, Y., He, L., & Jin, T. ۲۰۱۱. Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA. Engineering Failure Analysis, ۱۸(۴), ۱۱۶۲-۱۱۷۰.

- Rhee, S. J., Ishii, K. ۲۰۰۳. Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability, *Advanced Engineering Informatics Journal*, Vol. ۱۷, p. ۱۷۹ – ۱۸۸.
- Sultana, S., Okoh P., Haugen S., Vinnem, J.E. ۲۰۱۹. Hazard analysis: Application of STPA to ship-to-ship transfer of LNG. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. Jul ۱; ۶۰: ۲۴۱-۵۲.
- OHSAS B. ۱۸۰۰۱: ۲۰۰۷ Occupational health and safety assessment series. Occupational health and safety management systems--Requirements, BSI British standards, London.
- Brauer R.L. ۲۰۱۶. *Safety and health for engineers*. John Wiley & Sons; May ۱۶.
- Ale B.J. ۲۰۰۲ Risk assessment practices in The Netherlands. *Safety Science*. Feb ۱۰۵-۱۲۶.
- Rausand, M. ۲۰۱۳ *Risk assessment: theory, methods, and applications*. John Wiley & Sons; Jun ۱۲.
- Jahangiri, M.etal. ۲۰۲۲. Fire risk assessment and emergency evacuation simulation in hospitals: Case study in a hospitals affiliated by Shiraz University of Medical Sciences. *Safety and Health at Work* Volume ۱۳, Supplement, January, Page S۲۱۳.
- Iqbal, H. et al. ۲۰۱۹ Mapping safety culture attributes with integrity management program to achieve assessment goals: A framework for oil and gas pipelines industry. *Journal of Safety Research*. Volume ۶۸, February, Pages ۵۹-۶۹.
- Wang, W. ۲۰۱۸. A risk evaluation and prioritization method for FMEA with prospect theory and Choquet integral. *Safety Science* Volume ۱۱۰, Part A, December, Pages ۱۵۲-۱۶۳.
- Liu, H. C. ۲۰۱۶. FMEA using uncertainty theories and MCDM methods. In *FMEA using uncertainty theories and MCDM methods*, Springer, Singapore, p. ۱۳-۲۷.
- Hamta, N. ۲۰۲۱. Improving the Identification and prioritization of the most important risks of safety equipment in FMEA with a hybrid multiple criteria decision-making technique. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*. www.journal-aprie.com.
- U.S-EPA. ۲۰۰۰. *Exposure Factors Handbook*. Office of environmental health and hazard assessment, Washington DC.
- Yongming, H. et al. ۲۰۰۶. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of xi'an, Central China. *The Science of the Total Environment*, P. ۱۷۶-۱۸۶.

Analysis of the set of ergonomic risks and risks of machines in the construction project (Chabahar-Zahedan railway project, workshop part ١b)

Peyman Dadkani^{١,*}, Omid Heidari^٢, Saeed Shahnavaizi^٣, Amirhosein Ghanbari^٤

^١ MSc in Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

^٢ MSc in Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

^٣ HSE engineering undergraduate student, Zahedan University of Applied Sciences.

^٤ MSc in Environmental Management, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

Email Address: dadkani.p@ut.ac.ir

Abstract

Extensive construction projects such as dam construction, road construction, water transfer, land leveling, and railways are active in the country, and in all these projects, manpower and equipment play an important and decisive role. The purpose of this research is to identify the ergonomic hazards of the office environment and the activity of machinery in the workshop of section ١B of the Chabahar-Zahedan railway project. In order to collect information, questionnaires were compiled and distributed among workshop experts who were a group of senior managers and middle managers of the workshop. After completing the questionnaire, the obtained data were analyzed using the FMEA technique, and three indicators of probability, severity and probability of risk detection and finally the rank of each risk were determined. The results of the risk assessment of the office environment, including the technical office, HSE, human resources and the warehouse, show ١٧ ergonomic risks in the office environment, the highest risk is related to the warehouse unit with a risk rating of ١٩٦ and the risk of moving equipment. Examining the risks of machinery activity shows ١٨ risks related to excavators, dumpers, rollers, graders and loaders. The highest risk rating is related to the excavator with a risk rating of ١٩٢ with the risk of rock fall from the trench. All identified risks are placed in the group of risks with a low risk rating.

Introduction

The trend of accidents in industrial environments has also increased due to the increase in industrial activities, the development of technology and the increase in the use of machines. In traditional systems, investigating the causes of accidents after the occurrence of accidents, irreparable damage is determined, in other words, system or process defects are determined after the accident. Today, due to the existence of different methods of hazard identification and risk assessment, it is possible to determine critical and accident-prone points before an accident occurs and take necessary measures to prevent accidents and control measures. To identify and prioritize risks, the method of risk identification and risk assessment, which is a structured method, can be used. Risk assessment is a logical method that measures the quantitative and qualitative assessment of risks and the investigation of the potential consequences of possible incidents on people, materials, equipment and the environment. In fact, in this way, the effectiveness of the existing control methods is identified and valuable data is provided for making decisions in the field of reducing risks and hazards, improving control systems and planning for them. The information obtained from the risk assessment has three basic uses, which include prioritizing the degree of importance of risks in order to allocate risks for limited financial, technical and human resources in eliminating defects and improving conditions, determining points that need optimization in terms of occupational safety and health, and Their risk should be reduced to the minimum tolerable level, and finally, the content of classic trainings should be determined while working in the field of occupational health and safety. Among the different methods for risk assessment, there is a useful risk assessment method that, in addition to being simple, should be appropriate to the nature of activities, processes, culture, and other characteristics of the organization in question. Among the existing risk assessment methods, there is the method of analysis of failure modes and their effects (FMEA).

Methodology

The present research is an evaluation-analytical method; And it is survey type. To collect and compile information, the method of library studies and compiling a questionnaire was used. Questionnaires were distributed and completed among ۲۰ senior personnel of the workshop, including the workshop manager, deputy workshop manager, machinery manager, HSE manager and other unit managers located in the Chabahar-Zahedan railway workshop complex, workshop ۱B. The accuracy and reliability of the questionnaire developed in this research was confirmed by the experts of the workshop, and the reliability of the questionnaire with the analysis done in SPSS software and the use of Cronbach's alpha coefficient to measure the reliability was about ۰.۸۵. It has been stated that the evidence of optimal and reliable conditions was compiled with a questionnaire. After completing the questionnaire and data analysis, the data was analyzed using the FMEA technique, and three indicators of probability, severity, and probability of risk detection were determined, and finally, the rank of each risk was determined. Then, the ergonomic risks of office personnel and the risks related to the operation of machines were compared. Analyze the identified hazards by considering the risk factors of occurrence (O), severity (S) and detection (D). The main purpose of FMEA is to allow analysts to identify the failure modes of a system, design, process, product or Prioritize services to allocate limited resources to high-risk cases. The prioritization of failure modes in FMEA is determined through the risk priority number (RPN), which is the coefficient of risk factors D, S, and O for each risk, where O stands for the probability of occurrence, S is the severity of the risk, and D is the probability of detecting the risk. and RPN represents the risk priority number. The three risk factors are presented in Tables ۱. As mentioned, the RPN number is obtained from the product of the three components of risk probability, risk intensity and risk detection capability according to formula number ۱. According to the obtained risk number formula, they are divided into three levels of low risk, risks ۱-۳۰۰, medium risks including risks ۳۰۱-۶۰۰, and high risks with RPN ۶۰۱-۱۰۰۰. The overall flowchart of the study is shown in Figure ۲. The steps of the research are:

۱. Distribution of questionnaires among experts
۲. Forming a working group of data analysis experts
۳. Using FMEA technique for risk assessment
۴. Comparison of ergonomic risks and machines

Conclusion

The purpose of this research was to identify the risks in the two fields of ergonomics and machines activity using the FMEA method. The obtained results indicate that ۱۷ identified ergonomic risks have a higher probability of risk and ۱۸ risks related to the activity of machines have a higher risk intensity. The highest risk rating in the two evaluation cases belongs to the risk of moving equipment and tools of ergonomic activity in the warehouse with a risk number of ۱۹۶ and the lowest risk rating also belongs to ergonomic activities and the potential risk of inappropriate lighting with a risk number of ۶۰. A total of ۳۵ identified risks are in the group of risks with a low risk rating, which is evidenced by the low number of workshop accidents. At the end, suggestions on control measures for ergonomic risks and machinery activity are presented in Table ۴.

Keywords

Ergonomic Risks; Railway Project; Risk Assessment; FMEA