پیش‌بینی و تحلیل خطای انسانی اپراتورهای اتاق کنترل پست‌های ۴۰۰ کیلوولت و اثر بخشی راه‌کارهای پیشنهادی

محمد جواد جعفری[۱]، علیرضا حاجی حسینی[۲]، غلامحسین حلوانی[۳]، یدالله محرابی[۴]، مهدی قاسمی[۵]

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۲/۰۳ تاریخ ویرایش: ۹۰/۰۶/۱۰ ۹۰/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۸/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: امروزه، انسان به عنوان طراح، برنامه‌ریز و کاربر سیستم‌ها، تجهیزات و ماشین‌آلات نقش بسیار مهمی در ایمنی آن‌ها دارد. در یک سیستم پیچیده، رفتار کاربر، دارای پتانسیل بروز اشتباهاتی است که می‌تواند توانمندی سیستم را تحت تأثیر قرار دهد. در پژوهش حاضر خطاهای انسانی اپراتورهای پست‌های ۴۰۰ کیلوولت شناسایی، تحلیل و اثر بخشی راه‌کارهای کاهش آن بررسی گردیده است.

روش بررسی: پس از شناسایی مشاغل کلیدی اثرگذار بر پایداری صنعت برق، شغل اپراتور پست‌های ۴۰۰ کیلوولت به عنوان پست حساس و کلیدی انتخاب گردید و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی وظایف(HTA) تحلیل گردید. همچنین با استفاده از روش تحلیل نظام‌مند، پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی(SHERPA)، خطاهای احتمالی اپراتور پیش‌بینی، تحلیل و اثر بخشی راه‌های کنترل آن مطالعه شد.

یافته‌ها: نتایج بدست آمده نشان داد که در ۱۰۷ مورد خطای پیش‌بینی شده در ۶ وظیفه اصلی و ۶۱ زیروظیفه اپراتور کنترل پست ۴۰۰ کیلوولت، بیشترین نوع خطا، خطای عملکردی و بیشترین خطای پیش‌بینی شده مربوط به وظیفه انجام مانور می‌باشد. نتایج همچنین نشان داد که حدود ۹۵ درصد از ریسک‌های ناشی از خطاهای شناسایی شده، در سطح غیر قابل قبول و نامطلوب هستند. درصورت بکارگیری روش‌های کنترلی پیشنهادی پیش‌بینی می‌گردد ریسک‌های غیر قابل قبول به صفر و ریسک‌های نامطلوب به ۷/۵ درصد کاهش یابد.

نتیجه‌گیری: با روش تحلیل نظام‌مند پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی(SHERPA) می‌توان خطاهای انسانی در اتاق‌های کنترل را شناسایی و تحلیل کرد و آن‌ها را کاهش داد.

کلیدواژه‌ها: اپراتور، خطای انسانی، تجزیه و تحلیل وظایف شغلی، SHERPA.

مقدمه

به نظر" ساندرز وموری" خطا عبارت است از عملی که مطابق با قصد فرد و منطبق با مقررات موجود انجام نشده و از دید یک ناظر بیرونی صحیح نمی‌باشد و انجام آن سیستم را از حدود تعریف شده خارج می‌کند. خطاهای انسانی عامل مهمی در بروز حوادث منجر به فوت، صدمات و خسارات به‌شمار می‌روند. بررسی صد حادثه بزرگ و بازنگری سی سال خسارات در صنایع هیدرو-کربوری توسط"گریسون" در سال ۱۹۸۹، این گونه خطاها را در صنایع شیمیایی تا سال ۱۹۸۴ مستندسازی نموده است. مطالعات نشان می‌دهند که خطای انسانی حدود ۵۶۳ میلیون دلار از این خسارت‌ها را بر عهده داشته است تحلیل‌های جدید از همان منبع نشان می‌دهد در طی سال‌های ۱۹۸۵ الی ۱۹۹۰ حدود ۲ میلیارد دلار خسارت ناشی از خطاهای انسانی بوده است[۱ و ۲].

پژوهش‌های"هاسگاوا" روی حوادث آتش سوزی در صنایع شیمیایی ژاپن در سال‌های ۱۹۶۸ الی ۱۹۸۰ نشان می‌دهد که در ۱۲۰ حادثه مورد بررسی حدود ۴۵

۱- (نویسنده مسؤل) عضو هیئت علمی (دانشیار) دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. jafari1952@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، شعبه بین‌الملل دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۳- عضو هیئت علمی (مربی) دانشگاه علوم پزشکی یزد، یزد، ایران.
۴- عضو هیئت علمی (استاد) دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۵- کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، صنایع دفاع، تهران، ایران

درصد مربوط به خطاهای انسانی است. اگر طراحی نامناسب و انتخاب نامطلوب مواد و مصالح نیز جزء خطای انسانی تقسیم‌بندی شود سهم خطاهای انسانی به ۵۸٪ می‌رسد [۳].

"راسموسن" در سال ۱۹۸۹، با بررسی ۱۹۰ حادثه در صنایع شیمیایی به این نتیجه رسید که در خطای پرسنل در بروز حوادث، نقش دانش ناکافی ۳۴٪، خطاهای طراحی ۳۲٪ و خطاهای دستورالعملی ۲۴٪ بوده‌اند[۳ و ۴]. به عقیده"جوشچک" (۱۹۸۱)، ۸۰ الی ۹۰ درصد از حوادث، ناشی از خطای انسانی است. "بوتیفر" با بررسی حوادث در پالایشگاه‌ها اعلام کرد که نقص تجهیزات و طراحی ۴۱٪، نقص پرسنل و حفاظت ۴۱٪، آیین‌نامه‌های نامناسب ۱۱٪، بازرسی نامناسب ۵٪ و سایر موارد ۲٪ در بروز حوادث نقش دارند[۳ و ۴].

صنعت برق به عنوان مهم‌ترین صنعت زیربنایی نقش به سزایی در زیرساخت صنعتی دارد. بنابراین تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی با کم‌ترین میزان اختلال در کیفیت یا کمیت ضروری است. عامل انسانی یکی از عوامل اثرگذار بر حوادثی است که منجر به قطع شبکه و وقفه در فعالیت صنعت برق می‌گردد. پیش‌بینی، شناسایی و کنترل عواملی که بر عملکرد انسان و ارتقاء قابلیت اطمینان وی در سیستم تولید، انتقال و توزیع برق اثرگذار است می‌تواند نقش بسزایی در پایداری شبکه و کاهش خسارت‌های مستقیم و غیر مستقیم آن‌ها داشته باشد. بررسی ۲۷۳ حادثه در شرکت برق مورد مطالعه طی ۳ سال گذشته نشان می‌دهد که ۶۲/۵ درصد از مجموع حوادث و همچنین ۷۳/۸ درصد حوادث ناشی از کار در بخش پیمانکاری همین شرکت در اثر خطاهای انسانی رخ داده است[۵]. بررسی نتایج آنالیز حوادث و نظرخواهی از مدیران و کارشناسان نشان داد که نقش اپراتور پست به عنوان کلیدی‌ترین نیروی انسانی در فرآیند انتقال نیرو بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

برای پیش‌بینی و شناسایی خطاهای انسانی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود[۶]. 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)، می‌باشد. این روش که در سال ۱۹۸۶ توسط"امبری" ابداع و توسعه پیدا کرد، یک برنامه حساب شده 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. SHERPA در ابتدا برای شناسایی خطا در طراحی صنایع فرآیندی استفاده شد و در سال ۱۹۸۶ توسط"امبری" برای ارزیابی خطای انسانی در نیروگاه‌های هسته‌ای، صنایع پتروشیمی، صنایع استخراج نفت و گاز و انتقال و توزیع نیروی برق مورد استفاده قرار گرفت[۷]. بر اساس این روش خطاهای انسانی در ۵ گروه شامل: خطای عملکردی (Action Error)، خطای بازدید(Checking Error)، خطای بازیابی (Retrieval Error)، خطای ارتباطاتی(Communication Error) و خطای انتخاب(Selection Error) تقسیم‌بندی می‌شوند[۷].

در سال ۱۹۹۲"کراون " از بین ۵ روش پیش‌بینی خطای انسانی، بالاترین درجه اعتبار را به SHERPA داد[۷]. در مطالعه‌ای که توسط"استنتون وباربر" در سال ۱۹۹۶ انجام شد آمار اعتبار(Validity Statistic) این روش مساوی ۰/۸ و آمار قابلیت اطمینان (Reliability Statistic)آن مساوی ۰/۹ اعلام گردید. در مطالعه‌ی استنتون و باربر، دو کارشناس برای پیش‌بینی خطاهای ماشین خودکار فروش بلیط از این روش استفاده کرده بودند[۷]. "استنتون واستروانج" نیز روایی و قابلیت اطمینان این روش را برای ۲۵ کاربر مبتدی که از این روش برای ارزیابی خطاهای یک دستگاه قنادی استفاده کرده بودند به ترتیب مساوی ۰/۷۴ و ۰/۶۵ گزارش نموده‌اند[۷]. "استنتون ویانگ" در سال ۱۹۹۹روایی و قابلیت اطمینان این روش را برای ۸ کاربر که از این روش برای پیش‌بینی خطاهای یک دستگاه کاست استفاده کرده بودند به ترتیب مساوی ۰/۲ و ۰/۴ گزارش کرده‌اند.

از سایر مزایای این روش می‌توان بـه آسـان بـودن اجرا و زمان کم مورد نیاز، ارائه راه حل کنترل خطاها و سـاده بـودن روش بـرای کـاربرد و آمـوزش آن اشـاره کـــرد[۷]. روش SHERPA در ســـال ۱۹۹۸ توســـط "استنتون ویانگ"، با ۱۱ روش دیگر مقایسـه و زمـان مورد نیاز جهت آموزش آن ۳ ساعت گزارش گردید. در مطالعه‌ی فوق، برای ارزیابی خطاهای رادیو کاسـت، بـا استفاده از این روش ۲ ساعت و ۴۰ دقیقه زمان صـرف شد[۷].

اغلب پژوهشگرانی که برای بررسی خطاهای انسانی از روش SHERPA استفاده کرده‌اند، ابتدا تکنیک تحلیل تکلیف سلسـله مراتبـی (HTA= Hierarchical Task Analysis) را بـرای شناسـایی وظـایف شـغلی، اجـرا نموده‌اند[۹]. روش مذکور اولین بار در سال ۱۹۷۱توسط آنت و همکارانش مورد اسـتفاده قـرار گرفـت. در سـال ۱۹۹۹ استنتون و همکارانش در صنایع نیروگاه اتمـی و صنایع شیمیایی از آن استفاده نمودند[۷].

در این روش کلیه وظایف شغلی فرد در یک فرآینـد سلسله مراتبی به مجموعه‌ای از وظایف جزئـی تقسـیم می‌شود. براساس این روش، بر حسب عملیـات و طـرح کـار، وظـایف توصـیف مـی‌شـوند(وظـایف عبارتنـد از فعالیت‌هایی که کاربر برای دست‌یابی به اهداف سیستم انجام می‌دهد و طـرح کـار، یعنـی چگـونگی و ترتیـب اجرای هر یک از عملیات فوق). در مرحله بعد و در یک سطح پایین‌تر هرکدام از این عملیـات بـر حسـب زیـر مجموعه‌هایشان دوباره توصیف می‌شوند. ایـن سلسـله مراتب تا جایی که تحلیل‌گر تشخیص دهد ادامه مـی-یابد. معیار تعیین سلسله مراتب تحلیل، قضاوت شخصی تحلیل‌گر می‌باشد که بر مبنای جزئی‌ترین فعالیت‌هـایی که احتمال بروز خطا در آن مرحلـه وجـود دارد صـورت می‌گیرد. این روش ارتباط مستقیمی بین فعالیـت‌هـای کاربر و نیازهای سیستم ایجاد می‌کند.

ساختار تجزیه و تحلیل سلسله مراتبـی بـه گونـه‌ای است که شغل مورد نظر به جزییات و مرتبـه‌هـای لازم برای انجام آن فعالیت تجزیه می‌شود. به منظور تجزیه کار ابتدا هدف نهایی در نظر گرفته شده و جهت دسـت یابی بـه آن وظیفـه بـه جزءهـای کوچـک‌تـر تقسـیم می‌گردد.

در مطالعه‌ی حاضر، خطاهـای احتمـالی اپراتورهـای پست ۴۰۰ کیلوولت شبکه پیش‌بینی و شناسـایی مـی-شود. این اپراتورها مسئول کنترل شـبکه بـوده و کلیـه اطلاعات مربوط به انتقال انرژی از طریـق آنـان ثبـت، تحلیل و اعلام می‌گردد. هرگونه مانور قطع یا وصل در شبکه انتقال نیز به عهده آن‌ها می‌باشـد. بـا توجـه بـه اینکـه شـبکه انتقـال بـرق در کشـور بـه صـورت سراسری(رینگ) می‌باشد لذا در صورت بـروز حادثـه در هر پست ۴۰۰ کیلوولت، نتیجه آن بر عملکرد کل شبکه سراسری کشور تأثیر گذار خواهد بود.

هدف کلی در این مطالعه شناسایی، پیش‌بینی و ارائه راه حل‌های کنترل خطاهای انسـانی اپراتورهـای اتـاق کنترل و اهداف اختصاصی این مطالعه شامل تعیین نوع خطا، امکان بروز آن و تشریح پیامـدهای ناشـی از هـر خطا و پیشنهاد راه حـل‌هـای پیشـگیری از خطـا بـوده است.

روش بررسی

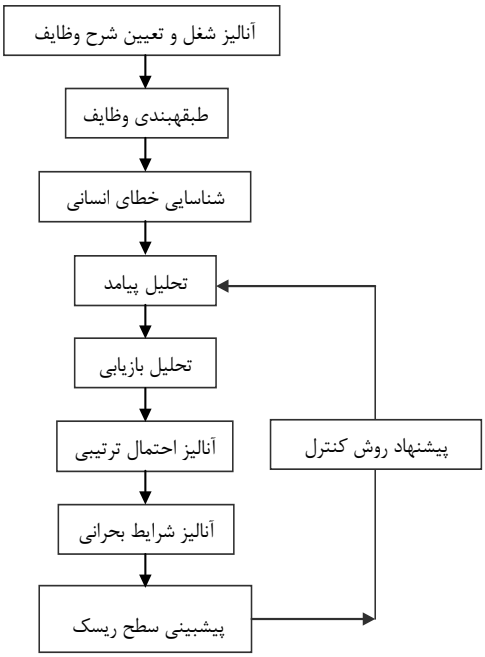
این مطالعه تحلیلی به منظور پیش‌بینـی و شناسـایی خطاهای اپراتورهای پست ۴۰۰ کیلوولت یـزد ۱ انجـام گردید. در این پژوهش برای شناسایی خطاهای انسانی، تمامی فرآیندهای کاری شامل ۶ فرآیند اصلی و ۶۱ زیر فرآیند مورد بررسی قرار گرفت. خطاهای شناسایی شده در فرآینـدهای مربـوط بـه اپراتورهـا اعـم از رسـمی، قراردادی و پیمانکاری و با هر سن، تحصیلات و سابقه کار می‌باشد. شرایط ورود به مطالعه انجام وظیفه فرد به عنوان اپراتور حداقل در یـک سـال گذشـته و شـرکت داوطلبانه وی در مطالعه بـوده اسـت. شـرایط خـروج از مطالعه عدم علاقه شخص بـه شـرکت در پـژوهش در نظر گرفته شد که در طول اجرای پژوهش مـورد اخیـر مشاهده نگردید.

داده‌های این پـژوهش از روش میـدانی جمـع آوری گردید. به همین منظور، از طریق مطالعه اسناد طراحـی و عملکردی سیستم و دستورالعمل‌های کـاری موجـود، کلیه اطلاعات مورد نیـاز جمـع آوری شـد. عـلاوه بـر

گزینه‌های فوق از طریق مصاحبه با مسئولین مربوطه و گرفتن راهنمائی‌های مورد نیاز در جمع آوری اطلاعات تکمیلی استفاده شد. برای پیش‌بینی و شناسایی خطاهای اپراتور از روش "تحلیل نظام‌مند پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی"(SHERPA)، استفاده شد. به همین منظور، ابتدا با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی وظیفه(HTA)، وظایف شغلی اپراتور پست شناسایی گردید.

برای اجرای HTA ابتدا وظیفه کنترل پست به عنوان محدوده کار تعریف گردید. با توجه به پیچیدگی و حساس بودن شغل اپراتوری، برای تجزیه و تحلیل آن، از یک کارشناس با تجربه و متخصص و دو اپراتور با تجربه در این شغل استفاده گردید. به همین منظور، اطلاعات زمینه‌ای لازم از طریق مشاهده، بررسی سوابق و مستندات به دست آمد. برای جمع‌آوری اطلاعات، ابتدا مصاحبه‌ای با اپراتور انجام و سپس اظهارات او با اسناد و مدارک، شرح وظایف، روش‌های انجام کار، روش‌های پیش‌بینی شده در شرایط اضطراری، دستورالعمل‌های حفاظتی و ایمنی و غیره مقایسه گردید. کلیه اطلاعات تهیه شده در جلسه‌ای با حضور مدیران، سرپرستان مربوطه و چند اپراتور با تجربه بررسی و پس از اطمینان از درستی آن‌ها، نهایی شد. شکل ۱ مراحل اجرای مطالعه حاضر را نشان می‌دهد.

تحلیل شغل و تعیین شرح وظایف با مشارکت تعدادی از مدیران، سرپرستان امور انتقال و ۳ نفر از اپراتورهای با تجربه با استفاده از روش آنالیز سلسله مراتبی وظیفه HTA و بر اساس مراجع [۸، ۹، ۱۰ و ۱۱] صورت گرفت. وظایف اپراتور بر اساس راهنمایی‌های روش SHERPA[۷]. و شرح وظایف به چند گروه کاری و عملیاتی طبقه‌بندی و عملیات مربوط به هر یک از سطوح آنالیز وظیفه مشخص گردید. خطاهای احتمالی هر وظیفه شغلی با استفاده از چک لیست انواع خطاها در روش SHERPA (جدول ۱) مشخص گردید و برای هر خطا یک شرح چگونگی رخداد ارائه شد. به منظور بررسی تأثیر هر خطا بر سیستم توزیع برق، پیامدهای



شکل ۱. مراحل مطالعه

ناشی از بروز هر یک از خطاهای پیش‌بینی شده و شرح کاملی از نتایج آن ارائه گردید. در تحلیل بازیابی امکان بروز خطاهای دیگر مورد بررسی قرار گرفت. در آنالیز احتمال ترتیبی، با استفاده از نتایج مراحل قبل، احتمال بروز خطا محاسبه و بر اساس راهنمای روش SHERPA[۷ و ۸] مقدار ریسک برآورد و رده‌بندی گردید.

در آنالیز بحرانی، با توجه به پیامدهای پیش‌بینی شده، میزان اثر گذاری آن‌ها بر سیستم تعیین گردید. بر اساس راهنمای روش SHERPA در صورتی که نتایج حاصله بحرانی تلقی شوند(منجر به تلفات غیر قابل قبول شوند) بایستی این مرحله مدنظر قرار گیرد. در صورتی یک خطا بحران (بحرانی) منظور می‌شود که منجر به یک واقعه شدید شود. اساساً پیامد بحران می‌تواند باعث خسارت به ساختار صنعت، محصول و یا پرسنل شود[۷ و ۱۲].

در این پژوهش برای آنالیز احتمال خطا و آنالیز بحرانی، روش نیمه کمی MIL-STD-88231 مورد استفاده قرار گرفت. این استاندارد برای اولین بار در

جدول ۱- چک لیست انواع خطاهای انسانی در روش SHERPA[۷]

نوع خطا	شناسه خطا	توصیف خطا
خطای عملکردی (Action Error)	A1	عمل خیلی زود یا دیر انجام شود
	A۲	عمل مورد نظر بی‌موقع انجام شود
	A3	عمل مورد نظر در جهت اشتباه انجام شود
	A4	عمل کمتر، یا بیش از حد لازم انجام شود
	A5	عمل تغییر انجام می‌شود
	A6	عمل صحیح بر روی گزینه اشتباه انجام شود
	A7	عمل اشتباه بر روی گزینه صحیح انجام شود
	A8	انجام عمل مورد نظر فراموش شود
	A9	عمل به طور ناقص انجام می‌شود
	A10	عمل اشتباه بر روی گزینه اشتباه انجام شود
خطای بازدید (Checking Error)	C1	بررسی فراموش شود
	C2	بررسی به طور ناقص انجام شود
	C3	بررسی صحیح بر روی گزینه اشتباه انجام شود
	C4	بررسی اشتباه بر روی گزینه صحیح انجام شود
	C5	بررسی در زمان نامناسب انجام شود
	C6	بررسی اشتباه بر روی گزینه اشتباه انجام شود
خطای بازیابی (Retrieval Error)	R1	اطلاعات لازم در دسترس نیست
	R2	اطلاعات به صورت اشتباه ارائه شده است
	R3	بازیابی اطلاعات ، ناقص انجام شود
خطای ارتباطاتی (Communication Error)	I1	تبادل اطلاعات صورت نگیرد
	I2	اطلاعات اشتباه تبادل شود
	I3	تبادل اطلاعات به طور ناقص انجام گیرد
خطای انتخاب (Selection Error)	S1	انتخاب حذف شود
	S2	انتخاب اشتباه انجام شود

سال ۱۹۸۴در صنایع نظامی آمریکا مطرح گردید و بر اساس آن با توجه به شدت خطر و احتمال وقوع آن ماتریس ارزیابی ریسک تهیه شده و بر اساس نتایج حاصله ریسک موجود ارزیابی می‌شود[۱۳]. در اصلاح آنالیز یا تحلیل جبرانی، راه‌کارهای کاهش خطا ارائه گردید. این راه‌کارها در فرم پیشنهاد تغییرات در سیستم کاری که می‌تواند از خطاها جلوگیری کند، ارائه شده است.

در روش SHERPA آخرین مرحله یعنی پیش‌بینی سطح ریسک وجود ندارد و صرفاً برای پیش‌بینی سطح ریسک هر مرحله، از وظیفه‌ای که برای آن راه حل کنترل، پیشنهاد شده است و با فرض اجرای راه‌کارهای پیشنهادی، به روش اضافه شد. اطلاعات مربوط به شناسایی خطا به روش SHERPA در کاربرگ پیشنهادی توسط"استنتون وسالمون" و مطابق با جدول ۲ ثبت گردید و خروجی روش با استفاده از روش‌های غیر پارامتری برای بررسی ارتباط بین خطاهای شناسایی شده و ثبت شده و همچنین ارتباط بین تعداد خطاها و متغیرهای پژوهش مورد تحلیل قرار گرفت. به منظور بررسی وجود رابطه معنادار برای داده‌های کمی که توزیع نرمال ندارند یا داده‌های رتبه‌ای و نمره‌ای از آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن

جدول ۲- کار برگ SHERPA [۷]

کار برگ SHERPA								
نام وظیفه شغلی اصلی :						تاریخ:		
تهیه کننده:						جدول شماره:		
ردیف	وظیفه شغلی	نوع خطا	توصیف خطا	پیامد ناشی از خطا	بازیابی	سطح ریسک	راه‌کار کنترلی	ریسک پیش‌بینی شده

جدول ۳- کاربرگ SHERPA برای شناسایی خطای انجام تعمیرات

کار برگ SHERPA								
نام وظیفه شغلی اصلی : انجام تعمیرات(۶)						تاریخ:۸۹/۶/۲۵		
تهیه کننده: حاجی حسینی						جدول شماره:۳		
ردیف	وظیفه شغلی	نوع خطا	توصیف خطا	پیامد ناشی از خطا	بازیابی	سطح ریسک	راه‌کار کنترلی	ریسک پیش بینی شده
۱-۶	بازدید از تجهیزات پست	C1	بازدید از تجهیزات پست انجام نمی‌شود (فراموش می‌شود)	تجهیزات معیوب شناسایی نشده و امکان آسیب دیدن تجهیزات و قطع شبکه وجود دراد	۱-۴	3A	*تهیه دستور-العل بازدید *آموزش اپراتور *نظارت سرپرست *استفاده از سیستم‌های پایش	3E
		C2	بازدید از تجهیزات پست به صورت کامل انجام نمی‌شود		۱-۴	3A		3E
		C5	بازدید از تجهیزات پست در زمان مناسب انجام نمی‌شود		۱-۴	3A		3E
۲-۶	شناسایی اشکالات	R3	اپراتور به هنگام بازدید اطلاعات مناسب را به دست نمی‌آورد.		۲-۵	2B		2E
		S2	اپراتور در بازدید نوع اشکال را اشتباه تشخیص می‌دهد(انتخاب اشتباه)		۲-۵	2B		2E

و کندال استفاده گردید.

در این مطالعه سعی شد با استانداردسازی شرایط پژوهش از طریق آموزش روش به کارشناسان و مدیران فنی واحد، استفاده از تجربیات مطالعات مشابه و استفاده از روش آنالیز سلسله مراتبی شغل، شرایط نسبتاً پایداری برای مطالعه ایجاد گردد تا علیرغم ذهنی بودن روش بتوان پیش‌بینی نمود در مطالعات مشابه توسط افراد دیگر در این شغل در صورت پیروی از الگوی تعریف شده در این مطالعه، نتایج نسبتاً مشابهی به دست آید.

یافته‌ها

اپراتورها و مسئولین پست‌ها در طول نوبت‌کاری، علاوه بر حفظ، مراقبت و بازدید به موقع از کلیه تجهیزات، دستگاه‌ها، خطوط منشعب و رله‌های حفاظتی پست و ثبت وضعیت آن‌ها در دفتر گزارش روزانه و انعکاس فوری اشکالات، عیوب و حوادث پیش‌آمده به مرکز دیسپاچینگ و سپس به مسئولین بهره‌برداری، باید با نظارت دقیق بر کارگروه‌های تعمیراتی نسبت به تکمیل فرم‌های بازدید روزانه، هفتگی، ماهیانه و ... و پیگیری رفع عیوب نیز اقدام نمایند. 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: تحویل گرفتن شیفت، کنترل عملیات، صدور مجوز، انجام مانور، تعمیرات و ارتباط با پست‌ها. با استفاده از

جدول ۴- توزیع فراوانی کل خطاها بر حسب شرح وظایف اصلی

شرح وظیفه اصلی	تعداد کل خطا در هر وظیفه شغلی	
	تعداد	درصد
تحویل گرفتن شیفت	۹	۸/۴
کنترل عملیات	۲۲	۲۰/۶
کنترل آلارم	۸	۷/۵
انجام مانور	۳۳	۳۰/۸
صدور ضمانت‌نامه	۲۷	۲۵/۲
انجام تعمیرات	۸	۷/۵
جمع	۱۰۷	۱۰۰

جزئیات شرح وظیفه هرکدام از وظایف اصلی به چندین زیر وظیفه(جمعاً ۶۱ زیر وظیفه) تقسیم شد. جزئیات شرح وظایف در پیوست ۱ آورده شده است[۱۴]. جدول ۳ بخشی از کاربرد روشSHERPA در پیش‌بینی و شناسایی خطاهای مربوط به وظیفه انجام تعمیرات را نشان می‌دهد.

در مطالعه‌ی حاضر، با توجه به شرح وظایف و با استفاده از چک لیست SHERPA جمعاً ۱۰۷ خطا، برای ۶ وظیفه اپراتور پیش‌بینی گردید. نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین درصد فراوانی خطا(۳۰/۸ درصد) مربوط به زمان انجام مانور و کم‌ترین آن(۷/۵ درصد) مربوط به زمان‌های انجام تعمیرات و کنترل آلارم می‌باشد(جدول ۴).

خطاهای شناسایی شده بر حسب نوع خطا در ۵ گروه دسته‌بندی گردید. نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین درصد خطاهای شناسایی شده از نوع خطای عملکردی(با ۴۶/۷ درصد) و کم‌ترین آن مربوط به خطای انتخاب(با ۵/۶ درصد) بوده است(جدول شماره ۵).

نتایج نشان می‌دهد بیشترین فراوانی در خطاهای عملکردی(۱۷/۸٪) مربوط به وظیفه انجام مانور و کمترین آن(۱/۹٪) مربوط به تحویل گرفتن شیفت بوده است. همچنین بیشترین و کم‌ترین فراوانی خطای بازدید به ترتیب مربوط به انجام مانور(۶/۵ درصد) و کنترل عملیات(صفر درصد) بوده است. از بین خطاهای بازیابی بیشترین فراوانی مربوط به وظیفه کنترل عملیات(۵/۶٪) و وظیفه انجام تعمیرات بدون خطای بازیابی بوده است. خطای ارتباطی برای وظیفه کنترل عملیات بیشترین فراوانی(۴/۷٪) و برای وظیفه انجام تعمیرات و تحویل گرفتن شیفت صفر بوده است. همچنین بیشترین فراوانی در خطای انتخاب با ۱/۹ درصد مربوط به وظایف کنترل عملیات و انجام مانور و کمترین آن مربوط به کنترل آلارم و تحویل گرفتن شیفت بوده است. جدول ۶ فراوانی خطاهای پنجگانه در وظایف اصلی را نشان می‌دهد.

ارزیابی سطح ریسک خطاهای شناسایی شده با روش ماتریس ارزیابی ریسک نشان داد که در حال حاضر بیش از نیمی(۵۴/۲ درصد) از خطاهای شناسایی شده دارای ریسک غیر قابل قبول می‌باشند امّا در صورتی‌که کنترل‌های پیشنهادی اعمال گردد، پیش‌بینی می‌شود که درصد فراوانی ریسک‌های غیر قابل قبول به صفر درصد کاهش یابد (شکل ۵). همین بررسی نشان می‌دهد که در حال حاضر ۴۱/۱ درصد از خطاهای شناسایی شده دارای ریسک نامطلوب می‌باشند امّا در صورت اعمال راه‌های کنترلی پیشنهاد شده انتظار می‌رود درصد فراوانی ریسک‌های نامطلوب به ۷/۵ درصد کاهش یابد (جدول۷).

بحث و نتیجه گیری

نتایج بدست آمده نشان داد که با استفاده از روش آنالیز سلسله مراتبی به خوبی می‌توان جزئیات شرح وظایف اپراتورهای پست ۴۰۰ کیلوولت را مشخص

جدول ۵- فراوانی کل خطاها بر حسب نوع خطای پنج‌گانه

خطای عملکردی		خطای بازدید		خطای بازیابی		خطای ارتباطی		خطای انتخاب	
تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
۵۰	۴۶/۷	۲۰	۱۸/۷	۱۹	۱۷/۸	۱۲	۱۱/۲	۶	۵/۶

جدول۶- فراوانی خطاهای پنج‌گانه در وظایف اصلی

شرح وظیفه اصلی	خطای عملکردی		خطای بازدید		خطای بازیابی		خطای ارتباطی		خطای انتخاب	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
تحویل گرفتن شیفت	۲	۱/۹	۳	۲/۸	۴	۳/۷	۰	۰	۰	۰
کنترل عملیات	۹	۸/۴	۰	۰	۶	۵/۶	۵	۴/۷	۲	۱/۹
کنترل آلارم	۴	۳/۷	۱	۰/۹	۱	۰/۹	۲	۱/۹	۰	۰
انجام مانور	۱۹	۱۷/۸	۷	۶/۵	۳	۲/۸	۲	۱/۹	۲	۱/۹
صدور ضمانت نامه	۱۲	۱۱/۲	۶	۵/۶	۵	۴/۷	۳	۲/۸	۱	۰/۹
انجام تعمیرات	۴	۳/۷	۳	۲/۸	۰	۰	۰	۰	۱	۰/۹
جمع کل	۵۰		۲۰		۱۹		۱۲		۶	

نمود. از روش مذکور در صنعت برق تاکنون استفاده نشده است ولی در مطالعه‌ای که از روش HTA برای شناسایی شرح وظایف اپراتور کوره سیمان استفاده شده ۶ وظیفه اصلی برای اپراتور مذکور مشخص شده است [۱۵]. در مطالعه‌ی دیگری که از روش HTA جهت شناسایی وظایف اپراتور در واحد آیزوماکس یک صنعت پتروشیمی استفاده شده است جمعاً ۱۰ وظیفه شغلی حساس و مهم برای اپراتور مشخص گردیده است [۱۶].

در مطالعه‌ای مشابه با استفاده از روش SHERPA در یکی از اتاق‌های کنترل صنایع پتروشیمی تعداد ۲۲۲ خطای انسانی شناسایی شد. از این تعداد ۴۸/۶٪ خطاها از نوع عملکردی، ۳۲/۰٪ از نوع بازدیدی، ۶/۷٪ از نوع بازیابی، ۰/۹٪ خطای انتخابی و ۱۱/۷٪ مربوط به تبادل اطلاعات بوده است[۶]. به نظر می‌رسد خطای عملکردی در اتاق‌های کنترل بسیار شبیه به یکدیگر است زیرا درصد خطای عملکردی مطالعه حاضر و مطالعه قاسمی [۶] که در اتاق‌های کنترل پتروشیمی انجام شده است بسیار مشابه یک دیگر می‌باشند. البته خطای عملکردی اپراتورهای اتاق کنترل یک واحد پالایشگاهی که با استفاده از روش PHEA بدست آمد [۱۶] معادل ۶۷ درصد بود که بالاتر از درصد خطای عملکردی مطالعه‌ی حاضر بوده است.

خطای ناشی از تبادل اطلاعات بدست آمده در مطالعه‌ی حاضر(۱۱/۲ درصد) بسیار شبیه آن در مطالعه‌ی [۶] در اتاق‌های کنترل مجتمع پتروشیمی بوده است. سایر نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر با نتایج حاصل از مطالعه[۶] اختلاف زیادی داشته‌اند.

در مطالعه‌ای که برای شناسایی خطاهای به‌وجود آورنده حوادث قطار توسط" الکس ویال واستفان رینج " انجام شد، ۳۶ عامل کمک کننده‌ی احتمالی شناسایی و برای هر حادثه نقص‌های فعال و شرایط نهفته تعیین گردید. بر این اساس فاکتورهای احتمالی در ۵ دسته طبقه‌بندی گردید [۱۷]. در مطالعه‌ی خطای انسانی به روش PHEA در اتاق کنترل یک واحد پالایشگاهی نشان داده شد که تعداد کل خطاهای انسانی شناسایی شده در وظایف شغلی مورد بحث ۱۶۱ خطا می‌باشد که از این تعداد ۱۰۸ خطا از نوع عملکردی، ۱۲ خطا از نوع بازدیدی، ۲۴ خطا از نوع رتریوال، ۴ خطای انتخابی، ۵ خطای توالی و ۸ خطای مربوط به تبادل اطلاعات بودند [۱۶].

با کاهش ریسک‌های غیر قابل قبول و نامطلوب در اثر اعمال کنترل‌های پیشنهادی، درصد فراوانی ریسک خطاها در بخش قابل قبول، افزایش خواهند یافت.

جدول ۷- سطح ریسک پیش‌بینی شده قبل از کنترل و بعد از اجرای کنترل‌های پیشنهادی ریسک

معیار ریسک	پیش‌بینی قبل از کنترل		پیش‌بینی بعد از کنترل	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد
غیر قابل قبول	۵۸	۵۴/۲	۰	۰
نامطلوب	۴۴	۴۱/۱	۸	۸/۲
قابل قبول ولی نیاز به تجدید نظر	۳	۲/۸	۲۵	۲۵/۸
قابل قبول بدون نیازبه تجدید نظر(ایمن)	۲	۱/۹	۶۴	۶۶
جمع	۱۰۷	۱۰۰	۹۷	۱۰۰

نتایج نشان می‌دهد که در صورت اعمال راه‌های کنترلی درصد فراوانی ریسک‌های قابل قبول امّا نیازمند به تجدید نظر از ۲/۸ درصد شرایط کنونی به ۲۳/۴ درصد و درصد فراوانی ریسک‌های قابل قبول بدون نیاز به تجدید نظر از ۱/۹ درصد کنونی به ۵۹/۸ درصد افزایش خواهند یافت (جدول ۷).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که وقوع خطاهای انسانی در اثر ترکیبی از عوامل شخصی، عوامل مدیریتی و سازمانی، پیچیدگی شغل، شرایط محیطی، طراحی تجهیزات و دستگاه‌ها، نظارت، وجود یا عدم وجود دستورالعمل‌های کاری و....رخ می‌دهند به‌طوری‌که تنها یک عمل را نمی‌توان به عنوان عامل اصلی بروز خطاهای انسانی قلمداد کرد.

بررسی‌های انجام شده در حین این مطالعه نشان می‌دهد اطلاعات اپراتورها نسبت به حساسیت وظیفه‌ای که دارند در حد کافی نمی‌باشد. شفاف نبودن دستورالعمل‌ها و شرح وظایف و نحوه ارتباط اپراتور با مرکز دیسپاچینگ نیز می‌تواند منشاء بروز خطاهای انسانی باشد.

ازجمله راه‌های کنترلی پیشنهاد شده در این پژوهش ایجاد تغییرات نرم‌افزاری در سیستم کنترل، آموزش کارکنان، نظارت بر عملکرد کارکنان، تدوین دستورالعمل‌های کاری، آموزش کارکنان توسط سیستم شبیه ساز، بهینه سازی وسایل ارتباطی، تدوین چک لیست، نصب تجهیزات سخت‌افزاری در سیستم، اجرای سیستم مجوز کار، کالیبراسیون تجهیزات و... می‌باشد.

بیشترین خطاهای پیش‌بینی شده مربوط به وظیفه انجام مانور می‌باشد و در این میان بالاترین درصد به خطای عملکردی اختصاص دارد، یعنی اپراتور انجام یک عمل را فراموش می‌نماید یا نادرست و در زمان نامناسب انجام می‌دهد، در این خصوص"سالوندی"معتقد است که در انجام یک مرحله از کار، در صورتی که هیچ وسیله‌ای برای یاد آوری نباشد احتمال بروز خطای فراموشی اپراتور ۰/۱ بوده و چنانچه برای انجام آن مراحل کاری از چک لیست استفاده شود یا مراحل کاری در قالب دستورالعمل آورده شود به ۰/۰۰۳ کاهش پیدا خواهد کرد [۱۶]. همچنین اطلاعاتی که در زمان انجام مانور واقعی در محیط کار اپراتور مشاهده گردید، نشان می‌دهد عدم آموزش کافی در زمینه انجام مانور و تعدد وظایف به هنگام اجرای مانور منجر به خطا در این مرحله می‌شود.

آقای فارنیس در خصوص دلیل قصور کارکنان در قبال امور واگذار شده به آنان بر این باور است که آن‌ها نمی‌دانند اولاً چرا باید این اصول و مقررات را رعایت کنند و ثانیاً چگونه باید وظایفه‌شان را درست و اصولی انجام دهند. لذا آموزش به صورت تئوری و عملی می‌تواند پاسخ‌گوی هر دو این دلایل باشد[۱۶]. در این خصوص آموزش باید قادر باشد در زمینه نحوه انجام وظایف و چرایی انجام آن به کارکنان کمک نماید. به زبان ساده، آموزش یعنی دادن اطلاعات به کارکنان بوده و هدف از آن فقط جلسات رسمی شرکت در کلاس نیست[۶].

پیشنهاد می‌گردد جهت افزایش توانمندی اپراتورها آموزش‌های مناسب در این زمینه داده شود. هم چنین توصیه می‌شود در زمان انجام مانور حتماً دو اپراتور در محل حضور داشته باشند و با استفاده از چک لیست

معتبر امکان بروز خطا کاهش داده شود.

بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد بخش بزرگی از خطاهای رخ داده ناشی از شفاف نبودن وظایف و ارتباطات نادرست افراد و واحدهای مرتبط با اپراتور است. به نظر می‌رسد تدوین دستورالعمل مناسب جهت بهره‌برداری از ایستگاه‌های انتقال برق و آموزش چگونگی اجرای آن به اپراتور و سایر افراد مرتبط کمک شایانی به کاهش این نوع خطاها بنماید.

وظیفه صدور مجوز کار یکی از کلیدی‌ترین وظایف اپراتور می‌باشد که ارتباط مستقیم با ایمنی خود فرد و دیگران و تجهیزات دارد. مطالعه حاضر نشان داد که دستورالعمل موجود قدیمی و مربوط به سال‌های گذشته بوده و پاسخگوی نیازهای موجود نمی‌باشد. پیشنهاد می‌شود دستورالعمل مذکور ویرایش شده و جهت نظارت بر درستی اجرای آن چک‌لیست اجرایی تهیه و در اختیار اپراتور قرار گیرد. به عقیده روبرت‌داو، سازمان‌هایی که برای انجام کارها فاقد نظام کاری مبتنی بر دستورالعمل هستند، نسبت به بروز حوادث، خطای انسانی و اثر بر کیفیت محصول و محیط زیست، مستعد بوده و این سازمان‌ها قبیله‌ای(توسعه نیافته) به شمار می‌روند[۱۸].

مطالعه‌ی حاضر نشان داد که حدود ۱۱ درصد از خطاهای پیش‌بینی شده مربوط به خطای ارتباطات و انتقال اطلاعات می‌باشد. با توجه به اهمیت ارتباط اپراتور با دیسپاچینگ و صحت اطلاعات منتقل شده، به نظر می‌رسد برقراری سیستم آنلاین پایش و انتقال اطلاعات از پست به دیسپاچینگ باعث کاهش این خطاها گردد.

تصمیم‌گیری و اقدام، یکی از شرح وظایف اپراتور در شرایط عادی و اضطراری می‌باشد. پیشنهاد می‌گردد برای کاهش خطاهای مربوط به انتخاب که حدود ۵/۶ درصد کل خطاها را به خود اختصاص داده است، سیستم خبره و راهنمای حل مشکلات بر اساس سناریوهای محتمل برای اتفاقات هر پست تهیه و نحوه استفاده از آن با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی دیجیتالی به اپراتور آموزش داده شود. سیگل در سال ۱۹۷۴ روش‌های شبیه سازی دیجیتالی را به منظور قابلیت سیستم‌های انسان- ماشین مطرح کردند در این مورد خطای انسانی ناشی از عملکرد ناقص افراد مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد، در همین راستا جهت شناسایی نقاط ضعف اپراتورهای اتاق کنترل و از طرفی برای افزایش مهارت و توانایی‌های آنان، پیشنهاد به کارگیری سیستم‌های شبیه‌ساز مطرح شد که در ادامه با شناسایی نقاط ضعف افراد می‌توان برنامه لازم جهت مرتفع کردن نقاط ضعف را تدوین و اجرا کرد[۱۵].

نقاط قوت این مطالعه، دانش فنی تیم پژوهشی در زمینه اتاق کنترل پست برق، استفاده از تیم فنی با تجربه و امکان دسترسی به مستندات لازم بوده است. در این مطالعه صرفاً شرح وظایف اپراتور مورد بررسی قرار گرفته است در صورتی‌که عملکرد سایر گروه‌های دخیل در کنترل و راهبری پست مثل گروه تعمیرات و مرکز دیسپاچینگ لحاظ نگریده است که این محدودیت می‌تواند در مطالعات آتی لحاظ شود. بنابراین یافته‌های این مطالعه نشان داد که با روش تحلیل نظام‌مند پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی(SHERPA) می‌توان خطاهای انسانی در اتاق‌های کنترل را شناسایی و تحلیل کرد و آن‌ها را کاهش داد.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای مهندس علیرضا حاجی حسینی می‌باشد. بدین وسیله از کلیه دست اندرکاران شرکت برق منطقه‌ای یزد که ما را در انجام این مطالعه یاری دادند و همچنین مسئولین محترم واحد بین‌الملل دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تشکر و قدر دانی می‌شود.

منابع

1. The Occupational Safety and Health Center-Department of Labor and Employment website; accessed May 8, 2009. .http://www.bulatlat.com/main/2009/05/09/work-related-injuries-illnesses-claim-millions-of-lives-dollars-

yearly /3/.
2. Peterson. J D, "Human Error Reduction & Safety Management", Van Nostrand Reinhold, 3rd ed 1996
3. Meshkati. MR, (2003), “Reviewing the Occupational Accidents of Iran in 2002” Safety at Shores Conference, Tehran, Iran, Feb 2003.
4. Barry. S, (2002), “Investigating Human Error: Incidents, Accidents, and Complex Systems, Ash gate Publishing company, 2002.
5. Yazd Regional Electric Power Supply and Distribution Company, “The reports of Accident/Incident Investigation Committee”.
6. Ghasemi M. (2009), “Ergonomics Study (Identification, Prediction & Control) of Human Errors in a Control Room of Petrochemical Plants using SHERPA”, A dissertation thesis for the fulfillment of the MSc degree in Occupational Health Engineering, Tehran University of Medical Sciences, 2009, Tehran, Iran.
7. Stanton N, Salmon P. (2004), "Human Factors Design & Evaluation Methods Review", Defense Technology Center, February, 2004
8. BS 8800, “Occupational health and safety management systems – Guide, and HSG 65, Successful health and safety management”.
9. Kiewan B. (1994), "A Guide to Practical Human Reliability Assessment", London, Taylor & Francis, 1994
10. Patrick J, Spurgeon P, Shepherd A. (2006), "A Guide to Task Analysis: Applications of Hierarchical Methods", Occupational Publications, 2006
11. Mahdavi S. (2007), “Human Error Identification& Assessment in the Control Room of Sulfur Regain Unit of Tehran Oil Refinery using HEIST”, A thesis submitted for the fulfillment of the MSc degree in Occupational Health Engineering, Tarbiat Moddaress University, Tehran, Iran, 2007
12. Kletz A, Paul W. “The Application of Active Database to the Problems of Human Error in Industry”, Journal of Loss Prevention in the Process Industry, 13, pp. 19-26
13. Mohammad Fam I. (2004), “Safety Engineering”, 3rd ed, Fanavaran publishing Co, 2004, Tehran, Iran.
14. Haji Hoseini A. (2011), “Prediction and Reduction of Human Errors in Operators of Control Rooms in Yazd Regional Electric Power Supply & Distribution Co, using SHERPA”, A dissertation thesis for the fulfillment of the MSc degree in Occupational Health Engineering, University of Shahid Beheshti (MC), International Branch, 2011, Tehran, Iran.
15. Zarea A. (1996), “Human Errors of Operators in Cement Furnace using HRMS”, A dissertation thesis for the fulfillment of the MSc degree in Occupational Health Engineering, Tehran University of Medical Sciences, 1996, Tehran, Iran.
16. Jahangiri M. (2005), “Human Error Identification and Analysis in Isomax Unit of Tehran Oil Refinery, using PHEA”, A dissertation thesis for the fulfillment of the MSc degree in Occupational Health Engineering, Tehran University of Medical Sciences, 2005, Tehran, Iran.
17. Reinach S, Viale A. (2006), "Application of a Human Error Framework to Conduct Train Accident/Incident Investigation”, Accident Analysis & Prevention, 2006, 38, pp. 396-406
18. Harrison D, Stanton, NA. (2006), "Applying Hierarchical Task Analysis to Medication Administration Errors", Applied Ergonomics, 2006, 37, pp. 669–679.

Prediction and Analysis of Human Errors in Operators of Control Rooms at 400 kV Posts and the Effectiveness of the Proposed Measures

MJ. Jafari[1], AR. Haji Hoseini[2], GH. Halvani[3], Y. Mehrabi[4], MI Ghasemi[5]

Received: 2011/04/23 Revised: 2011/09/01 2011/10/22 Accepted: 2011/11/11

Abstract

Background and aims: Human being as the designer, programmer, and operator of systems, equipment and machineries plays a significant role in their safety at present time. In a sophisticated system, the operators' behavior has the potential of errors that can influence the capability of the system. In the present study, human errors of 400 kV posts were identified, analyzed and their reduction due to the application of proposed control measures were predicted.

Methods: After identification of key jobs affective on electric industry's stability, the operator of 400 kV posts was selected as the sensitive and key joband analyzed using Hierarchical Task Analysis (HTA). The operator's probable errors and their reduction were predicted using Systematic Human Error Reduction and Prediction (SHERPA).

Results: The results revealed that in 107 predicted errors at 6 main tasks and 61 sub tasks of 400 kV posts, the most frequent type of error was action error and the maximum predicted error was related to maneuvering task. The results also showed that about 95% of identified risks from errors were at unacceptable and undesirable level. It was predicted that if the recommended control measures were applied the unacceptable and undesirable risks would be reduced to 0 and 7.5% respectively.

Conclusion: It is possible to predict, identify and reduce the human errors in control rooms using SHERPA.

Keywords: Operator, Human error, HTA, SHERPA.

1. (**Corresponding author**), Faculty member (Associate), Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. jafari1952@yahoo.com
2. Student Health Engineering, International Branch, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. Faculty Instructor Medical Sciences, Yazd, Iran.
4. Faculty member (Professor), Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
5. Occupational Health Engineering, Defense Technology, Tehran, Iran.