



موسسه آموزش عالی انرژی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته: مهندسی HSE

موضوع:

مطالعه خطاهای انسانی اپراتور لوکوموتیو بر اساس تکنیک Cream

گسترده (مطالعه موردی، لوکوموتیو شرکت پویان نوین سبز)

استاد راهنما:

دکتر مصطفی عادل زاده

نگارنده:

محمد یاراحمدی

مهر ۱۴۰۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

چکیده:

فعالیت‌های اپراتورهای لوکومتیوها، از سخت‌ترین وظایف در حمل و نقل ریلی محسوب می‌شوند که بروز خطاهای انسانی در این فعالیت‌ها می‌تواند منجر به بروز حوادث بزرگ در آنها شود. تحقیق کنونی با هدف ارزیابی خطاهای انسانی وظائف اپراتور لوکومتیو در یکی از لوکومتیوهای شرکت پویان نوین سبز بر اساس تکنیک Cream اولیه و گسترده در سال ۱۴۰۰ صورت گرفت. پس از انجام مطالعات اولیه، فرآیند آنالیز شغلی بر اساس ساختار سلسله مراتبی HTA صورت گرفت و مجموعاً ۳ وظیفه اصلی و ۱۸ زیروظیفه مورد شناسایی قرار گرفت. سپس با تعیین رابطه بین عوامل CPCs و سطح قابلیت اطمینان عملکرد برای هر زیر وظیفه، کنترل‌های محتمل در شرایط مذکور و احتمال خطای کلی (CFPt) تعیین شد. در نهایت با برآورد احتمال خطای شناختی (CFPi)، پتانسیل بروز خطاهای انسانی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی پتانسیل بروز خطاهای انسانی برای زیروظائف اپراتور لوکومتیو نشان داد که گزارش به موقع و دقیق وقایع غیرروتین با نمره $CFPt(0.03149)$ و بازرسی پنل‌ها با نمره $CFPt(0.01771)$ به عنوان مهم‌ترین زیروظائف دارای پتانسیل بروز خطای انسانی شناسایی شده‌اند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل زیروظائف به لحاظ نوع سبک کنترلی برای اپراتور لوکومتیو نشان داد ۵ زیروظیفه (۲۸٪) دارای سطح کنترل استراتژیک، ۱۱ زیروظیفه (۶۱٪) دارای سطح کنترل تاکتیکی و ۲ (۱۱٪) زیروظیفه دارای سطح کنترلی لحظه‌ای هستند. نتایج ارزیابی خطاهای انسانی به روش Cream گسترده نشان داد که تعداد ۸ وظیفه دارای خطای احتمالی از نوع مشاهده، ۱ خطا از نوع تفسیر، ۴ خطا از نوع برنامه ریزی و ۵ خطا از نوع اجرا می‌باشد. نتایج Cream اولیه و گسترده نیز دارای ارتباط معنادار بود.

واژه‌های کلیدی : خطاهای انسانی، لوکومتیو، Cream، خطای شناختی، ارزیابی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول (کلیات تحقیق)	
۱-۱- مقدمه و بیان مساله.....	۲
۱-۲- ضرورت انجام طرح پژوهشی.....	۴
۱-۳- فرضیه تحقیق.....	۵
۱-۴- سوالات تحقیق.....	۵
۱-۵- اهداف تحقیق.....	۵
۱-۶- تعریف کلیدواژه‌های تحقیق.....	۶
۱-۷- لزوم مطالعه خطاهای انسانی.....	۸
۱-۸- خطای انسانی چیست؟.....	۱۱
۱-۱۰- روشهای شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی.....	۲۴
۱-۱۱- مدیریت و کاهش خطاهای انسانی.....	۳۱
۱-۱۲- تکنیک‌های شناسایی خطای انسانی.....	۳۴
۱-۱۳- آنالیز وظائف شغلی (HTA) و اهمیت آن در ارزیابی خطاهای انسانی.....	۳۶
۱-۱۳-۱- تکنیک CREAM.....	۳۷
۱-۱۴- رویکردهای مقابله با خطای انسانی میباشد.....	۳۹
۱-۱۴-۱- رویکرد مهندسی.....	۴۰
۱-۱۴-۲- رویکرد فردی.....	۴۰
۱-۱۴-۳- رویکرد سازمانی.....	۴۰
۱-۱۵- معرفی لوکوموتیو.....	۴۱

۱-۱۵-۱- طبقه بندی لوکوموتیوها..... ۴۲

۱-۱۵-۱- اهمیت حوادث در صنایع ریلی..... ۴۵

فصل دوم (مروری بر پیشینه تحقیقات انجام شده)

۲-۱- مقدمه..... ۴۸

۲-۲- پیشینه ی تحقیق در ایران..... ۴۸

۲-۳- پیشینه ی تحقیق در جهان..... ۵۳

فصل سوم (روش تحقیق)

۳-۱- مقدمه..... ۵۷

۳-۲- روش تحقیق..... ۵۷

۳-۲-۱- فاز مطالعاتی تحقیق..... ۵۷

۳-۲-۲- تشریح فرآیندها و محدوده مورد مطالعه..... ۵۸

۳-۲-۳- آنالیز شغلی با استفاده از روش HTA..... ۵۸

۳-۲-۴- ارزیابی شرایط کاری اثرگذار بر عملکرد کاربر..... ۵۸

۳-۲-۵- تعیین کنترل های محتمل کاربر در شرایط مذکور تعیین احتمال خطای کلی..... ۶۰

۳-۲-۶- ارائه نیازهای شناختی متناسب با هر یک از وظائف شغلی..... ۶۲

۳-۲-۷- شناسایی خطاهای احتمالی بر هر یک از وظائف شغلی..... ۶۳

۳-۲-۸- برآورد احتمالی خطای شناختی (CFPI)..... ۶۴

۳-۳- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات..... ۶۸

۳-۴- جامعه و نمونه آماری تحقیق، متغیرهای مورد بررسی..... ۶۸

فصل چهارم: نتایج تحقیق

۴-۱- مقدمه..... ۷۰

۴-۲-نتایج تحقیق.....	۷۰
۴-۲-۱-شناسایی وظائف و زیروظائف اپراتور لوکوموتیو به روش HTA.....	۷۰
۴-۲-۲-نتایج ارزیابی پتانسیل بروز خطاهای انسانی بر اساس روش CREAM اولیه.....	۷۳
۴-۲-۳-تجزیه و تحلیل مولفه‌های بروز خطای انسانی در روش CREAM.....	۹۰
۴-۲-۳-۱-بررسی توانمندی سازمان در وظائف اپراتور لوکوموتیو.....	۹۰
۴-۲-۳-۲-شرایط کار.....	۹۲
۴-۲-۳-۳-متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر.....	۹۳
۴-۲-۳-۴-قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها.....	۹۴
۴-۲-۳-۵-انجام دو یا چند کار بطور همزمان.....	۹۵
۴-۲-۳-۶-زمان در دسترس برای انجام کار.....	۹۶
۴-۲-۳-۷-کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری.....	۹۷
۴-۲-۳-۸-نحوه همکاری و تعامل بین همکاران.....	۹۸
۴-۳-نتایج CREAM اولیه.....	۹۹
۴-۴-نتایج CREAM گسترده.....	۱۰۲

فصل پنجم (بحث و نتیجه گیری)

۵-۱-بحث.....	۱۰۷
۵-۲-پیشنهادهای تحقیق.....	۱۰۹
منابع و مآخذ.....	۱۱۰

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳۵	جدول ۱-۱- روش‌های شناسایی خطاهای انسانی.....
۵۹	جدول ۱-۳- رابطه بین عوامل CPCS و سطح قابلیت اطمینان عملکرد.....
۶۰	جدول ۲-۳- تفسیر عوامل CPCS و سطح قابلیت اطمینان عملکرد.....
۶۱	جدول ۳-۳- محدوده ضریب سبک کنترلی.....
۶۲	جدول ۴-۳- لیست فعالیت‌ها و نیازهای شناختی برای انجام وظیفه.....
۶۳	جدول ۵-۳- خطاهای بالقوه شناختی مرتبط با کارکردهای شناختی.....
۶۴	جدول ۶-۳- کاربرگ مربوط به روش اولیه CREAM برای وظائف تعیین شده.....
۶۵	جدول ۷-۳- کاربرگ مربوط به روش اولیه CREAM.....
۶۵	جدول ۸-۳- نتایج مربوط به روش CREAM گسترده.....
۶۸	جدول ۹-۳- متغیرهای مورد بررسی در قالب یک مدل مفهومی و شرح چگونگی بررسی و اندازه‌گیری متغیرها.....
۷۱	جدول ۱-۴- وظائف و زیروظائف اپراتور لوکومتیو.....
۷۳	جدول ۲-۴- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی سیستم ترمز لوکومتیو.....
۷۴	جدول ۳-۴- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی پنل ها.....
۷۵	جدول ۴-۴- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی فرمان‌های حرکتی.....
۷۶	جدول ۵-۴- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی سوخت.....

جدول ۴-۶- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه‌بازرسی درب‌های اتوماتیک.....	۷۷
جدول ۴-۷- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی سیستم ارتباطی (واکی-تاکی).....	۷۸
جدول ۴-۸- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی و اطمینان از اتصالات واگنها.....	۷۹
جدول ۴-۹- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیر وظیفه بررسی و اطلاع دقیق در تعداد سرنشینان و محموله باری.....	۸۰
جدول ۴-۱۰- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیر وظیفه ارتباط با مرکز کنترل.....	۸۱
جدول ۴-۱۱- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیر وظیفه ارتباط و هماهنگی با رئیس لوکومتیو.....	۸۲
جدول ۴-۱۲- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه هماهنگی و ارتباط با مسئول تعمیرات.....	۸۳
جدول ۴-۱۳- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیر وظیفه هماهنگی با اپراتور مقابل برای تحویل شیفت.....	۸۴
جدول ۴-۱۴- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیر وظیفه گزارش به موقع و دقیق وقایع غیرروتین.....	۸۵
جدول ۴-۱۵- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیر وظیفه اطلاع دقیق از وضعیت مسیر.....	۸۶

جدول ۴-۱۶- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیر وظیفه اطلاع دقیق به علائم و

نیز تمامی پنل ها..... ۸۷

جدول ۴-۱۷- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه کنترل فرمان‌های

حرکتی..... ۸۸

جدول ۴-۱۸- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه کنترل ترمزهای سه و

شش دنده..... ۸۹

جدول ۴-۱۹- نتایج CREAM اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیر وظیفه کنترل مارش و پنل آن

..... ۹۰

جدول ۴-۲۰- نتایج CREAM اولیه برای زیروظائف اپراتور لوکومتیو..... ۹۹

جدول ۴-۲۱- نتایج CREAM گسترده برای اپراتور لوکومتیو..... ۱۰۳

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار ۳-۱- روش انجام تکنیک CREAM.....	۶۷
نمودار ۳-۲- فرآیند ارزیابی خطاهای انسانی به روش CREAM در تحقیق کنونی.....	۶۷
نمودار ۴-۱- تجزیه وظائف و زیروظائف اپراتور لوکومتیو به روش HTA.....	۷۲
نمودار ۴-۲- مقایسه توانمندی سازمان در زیروظائف اپراتور لوکومتیو.....	۹۱
نمودار ۴-۳- مقایسه شرایط کاریدر زیروظائف اپراتور لوکومتیو.....	۹۲
نمودار ۴-۴- مقایسه متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر در زیروظائف اپراتور لوکومتیو.....	۹۳
نمودار ۴-۵- مقایسه قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه هادر زیروظائف اپراتور لوکومتیو.....	۹۴
نمودار ۴-۶- مقایسه انجام دو یا چند کار بطور همزمان در زیروظائف اپراتور لوکومتیو.....	۹۵
نمودار ۴-۷- مقایسه زمان در دسترس برای انجام کار در زیروظائف اپراتور لوکومتیو.....	۹۶
نمودار ۴-۸- مقایسه کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاریدر زیروظائف اپراتور لوکومتیو.....	۹۷
نمودار ۴-۹- مقایسه نحوه همکاری و تعامل بین همکاران در زیروظائف اپراتور لوکومتیو.....	۹۸
نمودار ۴-۱۰- سطوح ریسک CREAM اولیه برای زیروظائف اپراتور لوکومتیو بر اساس نمره CFPT.....	۱۰۰
نمودار ۴-۱۱- توزیع فراوانی نوع سبک کنترلی به ازاء زیروظائف اپراتور لوکومتیو.....	۱۰۱
نمودار ۴-۱۲- درصد فراوانی نوع سبک کنترلی به ازاء زیروظائف اپراتور لوکومتیو.....	۱۰۱
نمودار ۴-۱۳- توزیع فراوانی نوع خطاهای شناختی برای اپراتور لوکومتیو.....	۱۰۴
نمودار ۴-۱۴- درصد فراوانی نوع خطاهای شناختی برای اپراتور لوکومتیو.....	۱۰۴
نمودار ۴-۱۵- رگرسیون خطی ارتباط بین مقادیر محاسبه شده ریسک در CREAM اولیه و گسترده- اپراتور لوکومتیو.....	۱۰۵

فصل اول (کلیات تحقیق)

۱-۱- مقدمه و بیان مساله

امروزه در بسیاری از محیط‌های شغلی، بروز یک خطای انسانی می‌تواند به حادثه‌ای فاجعه بار منتهی شود. (۶۴ پتریلو و همکاران، ۲۰۱۷). بر اساس نتایج مطالعات مختلف خطاهای انسانی عامل اصلی حوادث محسوب می‌شوند (۱۱ کریمی و محمدفام، ۲۰۱۹). خطاهای انسانی در واقع به مجموعه‌ای از اعمال انسانی اطلاق می‌شود که از هنجارها، حدود و استانداردهای از قبل تعریف شده، طبیعی و قابل قبول تخطی می‌نمایند (۲ حاج حسینی، ۱۳۸۹). Heinrich عامل حدود ۸۸٪ حوادث را خطاهای انسانی گزارش می‌کند، Drew 80 تا ۹۰٪ حوادث را ناشی از خطاهای انسانی می‌داند و Billing & Reynard نیز خطاهای انسانی را عامل وقوع ۷۰٪ تا ۹۰٪ حوادث معرفی می‌کنند (Kirwan, 2019⁶⁷). در آمار حوادث ۲۰ ساله ایران نیز (از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۷) علت اصلی وقوع حوادث در کلیه سال‌های مورد بررسی خطاهای انسانی ذکر شده که در طبقه بندی ارائه شده توسط سازمان تأمین اجتماعی با عنوان "بی‌احتیاطی" قید شده است (۷ کیانی و محمدفام، ۱۳۹۴). در بحث علل وقوع حوادث عقیده دارند که یکی از علل اساسی اغلب حوادث در کنار محیط و تجهیزات خود افراد هستند. (۳ جهانگیری و همکاران، ۲۰۱۶) می‌باشد

رویکردهای علمی برای کاهش خطای انسانی، پارادایمهای گوناگونی را پشت سر گذاشته است. هر پارادایم، مدلهایی چند را در درون خود جای میدهد و تا اندازه‌ای در توصیف و کاهش خطای انسانی موثر واقع میشود ولی بعلمت آنکه نتوانسته از بروز خطای انسانی در یک حد مطلوب جلوگیری کند پارادایم بعدی ظهور یافته است (۲۰ شیرالی، ۲۰۱۹). تکنیک‌های مختلفی برای ارزیابی خطاهای انسانی توسعه داده شده اند که از جمله آنها تکنیک ^۱ Cream گسترده است. روش تجزیه و تحلیل خطا با تاکید بر قابلیت اطمینان شناختی توسط اریک هلینگل در سال ۱۹۹۸ ارائه گردیده است. این روش جزو تکنیک‌های نسل دوم فرآیند ارزیابی قابلیت اطمینان انسان بوده، از یک پشتوانه نظری مشروح و از ویژگی تمرکز بر روی زمینه‌های شناختی رفتار انسانی برخوردار می‌باشد (۱۱ محمدفام و همکاران، ۱۳۹۴) میباشد

^۱ Cognitive Reliability and Error Analysis Method

اهداف از استفاده از این روش عبارتند از:

- شناسایی کار، اعمال و یا وظایف در درون سیستم که ضرورتاً و یا اساساً بستگی به تفکر بشر دارد و در نتیجه به تغییرات سطح قابلیت اطمینان حساس هستند.
 - شناسایی شرایط محیطی که ممکن است این شناسایی به درستی انجام نشود و در نتیجه تعیین می‌باشد اقداماتی که ممکن است مانع خطر احتمالی شود کاهش می‌یابد.
 - تدوین یک ارزشیابی از ارزیابی‌های پیامد مختلف عملکرد انسان و اثر بر روی سیستم ایمنی که این را می‌توان به عنوان بخشی از ارزیابی ریسک احتمال استفاده کرد.
 - ارائه پیشنهادات در مورد شرایط ایجاد خطر که می‌تواند بهبود یابد و قابلیت اطمینان سیستم را می‌باشد افزایش دهد در حالیکه خطر کاهش یافته است.
- دو ورژن از روش Cream ارائه شده است
- انجام تجزیه و تحلیل خطا با استفاده از روش اولیه Cream
 - انجام تجزیه و تحلیل خطا با استفاده از روش گسترده Cream^(۱۱) (محمدفام، ۱۳۹۴).
- ویژگی مشترک هر دو، توانایی شناسی اهمیت عملکرد انسانی در بستر ایجاد شده یک مدل کمکی جهت شناسایی و چهارچوب مرتبط با آن می‌باشد. از مهم‌ترین مزیت‌های CREAM نسبت به دیگر تکنیک‌های ارزیابی خطای انسانی می‌توان به ساختار نظام مند این روش برای تعریف و کمی‌سازی خطاهای انسانی هم به صورت آینده نگر (پیش بینی خطای انسانی) و هم به صورت گذشته می‌باشد نگر (تجزیه و تحلیل رخدادها)، رویه‌های طبقه بندی شده (Classification Scheme)، مدل کنترلی شناختی بر حسب موقعیت (Contextual Control Model Of Cognition) و تعریف علت خطاهای انسانی بر پایه عوامل مرتبط با انسان، فن آوری و سازمان یا همان مدل MTO (Man-Technology-Organization) را نام برد^(۵۰) (هلینگل، ۱۹۹۸).

کاهش ذخیره‌های انرژی و از طرفی پتانسیل‌های حمل و نقل ریلی باعث شده تا راه آهن به میب‌اشد عنوان یکی از مهم‌ترین ابعاد حمل و نقل در ایران و جهان مطرح باشد. تا کنون حوادث متعددی مرتبط با لوکوموتیوها در ایران رخ داده است. این حوادث در دو گروه حوادث بزرگ (مانند انفجار قطار نیشابور، برخورد قطار در محور سمنان-دامغان و سانحه قطار زاهدان به تهران) و حوادث سبک (برخورد قطار با افراد، خودرو و موتورسیکلت) دسته‌بندی می‌شوند (چالسر و همکاران، ۱۳۹۴). مهم‌ترین مسئولیت در هدایت لوکوموتیو بر عهده اپراتور آن است. از آنجاییکه بر اساس نظریه هاینریش و بسیاری از محققان در عرصه ایمنی، ریشه‌ی بروز حدود ۹۰٪ از حوادث خطای انسانی است، انجام پژوهشی در خصوص مدیریت خطاهای انسانی برای اپراتور لوکوموتیو بر اساس یک تکنیک نوین همچون Cream می‌گسترده ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۲- ضرورت انجام طرح پژوهشی

مطالعه‌ی خطاهای انسانی، عمده‌تأ مبتنی بر شناسایی خطاهای انسانی، متناظر با وظایف می‌باشد. اما بروز خطای انسانی مبتنی بر ریشه‌های وقوع هستند. با مطالعه‌ی عوامل موثر در بروز این خطاها در می‌باشد فرآیندهای اجرایی، میتوان برنامه ریزی مطلوبی در راستای کاهش بروز این خطاها صورت داد. در فرآیندهای مرتبط با وظائف اپراتور لوکوموتیو، بروز خطاهای انسانی که ناشی از اشتباه عواملی همچون برنامه برای، اجرا، تفسیر، و شناسایی هستند، منجر به بروز حوادث می‌گردند. لذا این مطالعات، نقش می‌باشد قابل توجهی در برنامه ریزی برای کاهش پتانسیل بروز خطاهای انسانی در یکی از حساس‌ترین بخش‌های صنعت حمل و نقل ریلی، یعنی اپراتور لوکوموتیو دارد. تا کنون تحقیق جامعی در خصوص شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی وظائف اپراتور لوکوموتیو در صنعت حمل و نقل ریلی با استفاده از تکنیک Cream صورت نگرفته است. این پژوهش با هدف شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی وظائف

میباشد اپراتور لوکوموتیو در شرکت پویا نوین سبز با استفاده از تکنیک Cream صورت می گیرد. در واقع پرسش اصلی پژوهش فعلی حول علل و ریشه های بروز خطای انسانی برای وظائف اپراتور لوکوموتیو قطار می باشد.

۱-۳- فرضیه تحقیق

این پژوهش از نوع Deterministic (قطعی) است و لذا امکان ارائه فرضیه احتمالی برای آن وجود ندارد. اما مفروض تحقیق بر آن است که: مهم ترین ریشه ی پتانسیل بروز خطاهای انسانی برای وظائف اپراتور لوکوموتیو از نوع اجرا هستند.

۱-۴- سوالات تحقیق

۱. فرآیندها و زیر فرآیندهای اصلی برای وظائف اپراتور لوکوموتیو کدامند؟
۲. تاثیر شرایط اثرگذار بر عملکرد وظایف برای اپراتور لوکوموتیو چگونه است؟
۳. میزان احتمال خطای کل (CFPt) برای مراحل تعیین شده فرایندهای منتخب چه مقدار است؟
۴. کنترل های موجود در مراحل فرایندهای برای وظائف اپراتور لوکوموتیو از چه نوع است؟
۵. فعالیت های شناختی زیر وظایف فرایندهای منتخب کدامند؟
۶. کارکردهای شناختی برای کلیه زیر وظایف فرایندهای منتخب چیست؟
۷. نوع نقص های عمومی برای کلیه زیر وظایف فرایندهای منتخب کدامند؟
۸. احتمال خطای شناختی (CFPi) برای هر یک از زیر وظایف فرایندهای منتخب چقدر است؟

۱-۵- اهداف تحقیق

هدف کلی:

مطالعه خطاهای انسانی اپراتور لوکوموتیو بر اساس تکنیک Cream گسترده (مطالعه موردی، لوکوموتیو

شرکت پویا نوین سبز)

اهداف جزئی (اختصاصی):

۱. آنالیز شغلی وظائف اپراتور لوکوموتیو با استفاده از تکنیک HTA
۲. شناسایی و ارزیابی شرایط اثرگذار بر عملکرد اپراتور لوکوموتیو
۳. تعیین میزان احتمال خطای کل (CFPt) برای هر وظیفه
۴. تعیین کنترل های موجود در وظائف اپراتور لوکوموتیو
۵. تعیین فعالیت های شناختی برای کلیه زیر وظایف اپراتور لوکوموتیو
۶. تعیین کارکرد های شناختی برای کلیه زیر وظایف اپراتور لوکوموتیو
۷. تعیین نوع نقص های عمومی برای کلیه زیر وظایف اپراتور لوکوموتیو
۸. برآورد کمی احتمال خطای شناختی (CFPi) برای هر یک از زیر وظایف فرایندهای منتخب اپراتور لوکوموتیو

۱-۶- تعریف کلیدواژه های تحقیق

خطای انسانی: رفتاری که از یک فرد سر می زند، ولی فرد قصد انجام آن را نداشته است و نیز از نظر مقررات یا یک مشاهده گر پسندیده و مطلوب نیست و یا اینکه آن رفتار موجب شود یک وظیفه یا یک میباشد سیستم به شکلی تبدیل شود که از حدود پذیرفته شده فراتر رود^(۵۰ هلینگل، ۱۹۹۸).

- قابلیت اطمینان انسان^۲

احتمال اینکه انسان وظایف موردنظر سامانه را در مدت زمان معین به طور صحیح انجام دهد

- احتمال خطای انسانی^۳

^۲. Human Reliability

^۳. HEP: Human Error Probability

عبارتست از نسبت ریاضی بین تعداد خطاهای رخ داده در یک وظیفه به تعداد وظایف انجام شده که در میباشند آنها، فرصت بروز خطا وجود دارد^(۲) (حاج حسینی، ۱۳۸۹).

- وابستگی خطاهای انسانی^۴

وضعیتی است که در آن، احتمال نقص اجزاء به جای اینکه مستقل باشد، شرطی است. در حالت وابستگی در مقایسه با حالت تصادفی (بدون وابستگی)، خطاهای انسانی بیشتر به هم وابسته هستند و به عبارتی احتمال آنها شرطی است^(۲) (حاج حسینی، ۱۳۸۹).

- عوامل مؤثر بر عملکرد^۵

شرایط انجام وظیفه شعلی که بر وقوع خطای انسانی تأثیرگذار می باشد، تحت عنوان عوامل شکل دهنده عملکرد یا عوامل مؤثر بر عملکرد شناخته می شوند^(۵) (هلینگل، ۱۹۹۸).

- شرایط تسهیل کننده خطا^۶

شرایط تسهیل کننده خطا، اثر همزمان عوامل مؤثر بر خطا و شرایط موجود در واحد مورد بررسی که بروز خطای انسانی را مستعد میکند، نشان می دهد. این عوامل مجموعه ای از فاکتورهای محیطی (مشخصات سخت افزاری و نرم افزاری محیط کار نظیر ابزارآلات، شرایط محیطی، طراحی نشانگرها و میباشداطلاعات در دسترس و ...)، فردی (عوامل مربوط به سطح تجربه، سطح مهارت و ویژگی های فیزیکی و شناختی و شخصیتی) و اجتماعی - سازمانی (نظیر مقررات، برنامه های آموزشی، تیم های کاری، سامانه های ارتباطی و ...) و شرایط مرتبط با موقعیت را دربرمی گیرد که عملکرد رفتار انسانی را از طریق ساز و کارهای شناختی تحت تأثیر قرار می دهد^(۷) (کیانی، ۱۳۹۴).

- بازیابی^۷

4. HED: Human Error Dependency

5. PSF: Performance Shaping Factors

6. EFC: Error Forcing Condition

7. Recovery

منظور از بازیابی، اقداماتی است که پس از رخداد خطا به منظور اصلاح یا جلوگیری از پیامدهای آن انجام می‌شود^(۷) کیانی، ۱۳۹۴).

مدیریت ریسک: مدیریت ریسک فرآیند سیستماتیک شناسایی، آنالیز و پاسخگویی به ریسک می‌باشد، که در پی افزایش و به حداقل رساندن احتمال و پیامدهای حوادث مطلوب و به حداقل رساندن احتمال و عواقب اتفاقات نامطلوب و با اثر منفی بر روی اهداف ایمنی و بهداشت حرفه‌ای است^(۴) جوزی، ۱۳۸۶، میرجلیلی، ۱۳۸۸).

تکنیک Cream: روش تجزیه و تحلیل خطا با تاکید بر قابلیت اطمینان شناختی توسط اریک هلینگل در سال ۱۹۹۸ ارائه گردیده است. این روش جزو تکنیک‌های نسل دوم فرآیند ارزیابی قابلیت اطمینان می‌باشد انسان بوده، از یک پشتوانه نظری مشروح و از ویژگی تمرکز بر روی زمینه‌های شناختی رفتار انسانی برخوردار می‌باشد^(۴) برقی پور و همکاران، ۱۳۹۸).

۱-۷- لزوم مطالعه خطاهای انسانی

بر اساس نتایج مطالعات مختلف خطاهای انسانی عامل اصلی حوادث محسوب می‌شوند. خطاهای انسانی در واقع به مجموعه‌ای از اعمال انسانی اطلاق می‌شود که از هنجارها، حدود و استانداردهای از قبل تعریف شده، طبیعی و قابل قبول تخطی می‌نمایند^(۲) حاج حسینی، ۱۳۸۹).

محققین مختلف تقسیم بندیهای گوناگونی را در باره علل و عوامل مؤثر در بروز خطاهای انسانی می‌باشد ارائه کرده اند برای مثال Niles T. Welch اصلیتزین علل خطاهای انسانی را در شش گروه زیر طبقه بندی کرده است که هر کدام از آنها را نیز می‌توان به درجات مختلف دسته بندی کرد^(۱۱) محمدفام، ۱۳۹۴)

۱- پیچیدگی؛ اندازه سیستم و یا تعداد مواردی که لازم است مشاهده، کنترل و مورد توجه قرار گیرند در بروز خطاهای انسانی نقش کلیدی را بازی می‌کنند. در واقع پیچیدگی با توجه به تعداد موارد،

اهداف، نشانگرها، موارد پیش بینی شده در چک لیستها و یا قطعات و تجهیزاتی که باید بعنوان بخشی از فرایند مورد بررسی قرار گیرند تعیین می شود.

۲- استرس؛ فشارهای وارده بر اپراتور جهت انجام کار صحیح، دقیق و ایمن باعث ایجاد استرس شده که آنهم بنوبه خود بر احتمال وقوع خطای انسانی می افزاید.

۳- خستگی؛ خستگی جسمانی در اثر فاکتورهای نظیر کمبود خواب و استراحت، تنوع وظایف و کم بودن زمان استراحت بین شیفتهای کار و غیره بوجود آید که می تواند بر نرخ خطاهای انسانی بیفزاید.

۴- محیط؛ شرایط فیزیکی (درجه حرارت، درصد رطوبت، روشنایی، کیفیت هوای محیط کار و غیره) که اپراتور تحت آن شرایط فعالیت می نماید می تواند بر احتمال بروز خطاهای تأثیر بگذارد. همچنین محیط اجتماعی و فرهنگی نامناسب (برای مثال در جائیکه تشریک مساعی و همکاری وجود نداشته و روحیه کاری پائین باشد) نیز بر روی احتمال وقوع خطاهای انسانی مؤثر خواهد بود.

۵- آموزش؛ این فاکتور نشاندهنده کمیت و کیفیت آموزشهای است که اپراتور تحت یک سیستم ویژه می باشد دریافت کرده است.

۶- تجربه؛ منظور از این عامل آموخته های عملی اپراتورها در کار با سیستم مورد مطالعه است. در یک طبقه دیگر که توسط Kirwan و همکاران او ارائه شده است عوامل مؤثر در بروز خطاهای انسانی در پنج دسته زیر تقسیم بندی شده است:

۱- زمان؛ بدون شک یکی از عوامل اثر گذار در نرخ خطاهای انسانی زمان لازم برای انجام یک عمل است که این فاکتور نقش خود را بویژه در شرایط بحرانی و استرس زا بخوبی نشان می دهد و بر همین اساس نرخ خطاهای انسانی در انجام یک عمل یکسان در شرایط مختلف با هم دیگر متفاوت می باشد برای مثال در حالیکه نرخ خطای انسانی در یک عملیات ساده و معمول برابر ۰/۰۱ می باشد این نرخ در می باشد حین فعالیتهایی که همراه با استرس هستند ۳/ است.

۲- کنترل‌گرها و نشانگرها؛ که رابط بین انسان و ماشین در سیستم انسان - ماشین بوده و در صورتیکه طراحی، ساخت و نگهداری آنها با در نظر گرفتن محدودیتها و توانمندیهای روانی و جسمانی کاربران میباشد آنها صورت نگیرد در هنگام عملیات بر نرخ خطاهای انسانی افزوده خواهد شد.

۳- آموزش و تجربه

۴- دستورالعملها؛ وجود دستورالعمل‌های انجام کار بالاخص بصورت مکتوب از اعمال سلیقه‌های شخصی و همچنین بروز سر در گمی در شرایط لازم کاسته و به همان نسبت نیز از میزالن خطاهای انسانی خواهد کاست.

۵- سازماندهی وظایف؛ منظور از سازماندهی وظایف تعیین کامل و دقیق وظایف افراد در انجام کارهای روزمره و ضروری است.

۶- پیچیدگی وظیفه

علاوه بر موارد یاد شده عوامل دیگری نیز وجود دارد که بر پیچیدگی خطاهای انسانی می‌میشدافزاید برای مثال خستگی افراد در اغلب موارد می‌تواند فراتر از یک خستگی ساده باشد؛ خستگی ممکن است بصورت یک بار اضافی حسی کوتاه، خستگی جسمی و یا ذهنی طولانی مدت ناشی از انجام یک وظیفه تکراری ناشی شود باشد. همچنین زیاد بودن فاکتورهای مورد قضاوت و تصمیم گیری در پیچیده کردن شرایط نقش بسزایی دارد. علاوه بر این خطاها در پاره‌ای اوقات از سوی افراد با تجربه و ماهر سر می‌زند که سعی می‌کنند به هر ترتیبی موقعیتهای موجود را بهبود بخشند. در این میان شاید مهمترین فاکتورو پیچیده کننده این واقعیت باشد که خطاها معمولاً " ترکیبی از چند رویداد بوده که در کنار همدیگر بصورت یک مجموعه منظم در آمده و در نهایت منجر به بروز یک اشتباه می‌شوند، افزون بر مطالب فوق بهنگام اجرای یک فرایند مفهوم خطای انسانی کمی گسترده تر از انجام خطا توسط اپراتور بوده و خطاهایی نظیر بروز خطا در مراحل طراحی، نگهداری و ارتباطات را نیز در بر می‌گیرد. از دیگر فاکتورهای

پیچیده کننده می‌توان به انجام وظایف غیر عادی در برابر وظایف روتین، داده‌های محدود در برابر اطلاعات زیاد و ریسک فرضی در برابر ریسک واقعی اشاره کرد^(۲) (حاج حسینی، ۱۳۸۹).

از مهم ترین مزیت‌های CREAM نسبت به دیگر تکنیک‌های ارزیابی خطای انسانی می‌توان به ساختار نظام مند این روش برای تعریف و کمی سازی خطاهای انسانی هم به صورت آینده نگر (پیش بینی خطای انسانی) و هم به صورت گذشته نگر (تجزیه و تحلیل رخدادها)، رویه‌های طبقه بندی شده (Classification Scheme)، مدل کنترلی شناختی بر حسب موقعیت (Contextual Control Model Of Cognition) و تعریف علت خطاهای انسانی بر پایه عوامل مرتبط با انسان، فن آوری و سازمان یا همان مدل MTO (Man- Technology- Organization) را نام برد^(۵۰) (هلینگل ۱۹۹۸). برای می‌باشد.

۸-۱- خطای انسانی چیست؟

تعاریف متعددی برای خطای انسانی ارائه شده است، که یکی از کامل‌ترین آنها عبارت است از: «هرگونه انحراف رفتار انسان از آنچه باید باشد و برای آن برنامه‌ریزی شده است و یا هرگونه تخطی انسان از وظایف مشخص شده که از حد قابل قبول سامانه فراتر رود»^(۱۱) (محمدفام، ۱۳۹۴).

در تعریف اصطلاح «خطای انسانی» اختلاف نظرهایی وجود دارد. به عنوان مثال، در فرآیند می‌باشد بررسی حادثه، یک عمل وقتی به عنوان خطای انسانی در نظر گرفته می‌شود که پیامد منفی دربرداشته باشد، درحالی که همان عمل ممکن است چندبار انجام شده باشد و نتایج مثبتی در پی داشته و در نتیجه تلویحاً از طریق کاربر و مدیریت مورد پذیرش واقع شده است. در گذشته، کاربرد این لغت محدود به مکاربران و پرسنل تعمیراتی بود، ولی امروزه در همه سطوح مدیریتی یک سازمان در مراحل تصمیم‌گیری و طراحی سامانه، نقض مقررات از سوی کاربران و مدیران و ... به کار می‌رود.

- تعریف سوین و گاتمن^(۸) (۱۹۸۳): خطای انسانی، انحراف از عملکرد طبیعی یا مورد انتظار است می‌باشد که با یک پیامد مطلوب یا نامطلوب مشخص می‌شود.

⁸. Swain and Guttman

- تعریف ریزن^۹ (۱۹۹۰): شکست‌های غیرشانشی در یک توالی برنامه‌ریزی شده از فعالیت‌هایی که برای رسیدن به یک هدف خاص انجام می‌شوند.

- تعریف هلینگل^{۱۰} (۱۹۹۳): عمل نادرستی که مانع از تحقق نتیجه موردانتظار شده و یک نتیجه ناخواسته را سبب شود.

- تعریف میستر^{۱۱} (۱۹۶۶): شکست در توالی مرسوم اعمال روانشناختی شامل محرک درک شده، ضعف (ناتوانی) در تمایز محرک‌های مختلف، تفسیر غلط از معنی محرک‌ها، ندانستن اینکه می‌باشد چگونه پاسخی برای یک محرک خاص تولید می‌شود، ضعف فیزیکی برای ایجاد پاسخ موردنیاز و ...، که در این صورت، هدف موردنظر محقق نخواهد شد (آجهانی و نصیرآبادی، ۲۰۱۷).

مجموعه‌ای از اعمال انسانی که از هنجارها، حدود و استانداردهای از قبل تعریف شده، طبیعی و قابل قبول تخطی می‌نمایند (محمدفام، ۱۳۹۱). خطاهای انسانی به مجموعه‌ای از اعمال انسانی اطلاق می‌شود که از هنجارها، حدود و استانداردهای از قبل تعریف شده، طبیعی و قابل قبول تخطی می‌نمایند. از خطای انسانی تعاریف گوناگون ارایه شده است که به دو مورد اشاره می‌شود:

- یک تصمیم یا رفتار نامناسب که بتواند از اثر بخشی، ایمنی یا عملکرد سیستم بکاهد؛
- رفتاری که از یک فرد سر می‌زند، ولی فرد قصد انجام آن را نداشته است و نیز از نظر مقررات یا یک مشاهده گر پسندیده و مطلوب نیست و یا اینکه آن رفتار موجب شود یک وظیفه یا یک سیستم به می‌باشدشکلی تبدیل شود که از حدود پذیرفته شده فراتر رود (حاج حسینی، ۱۳۸۹).

نورمن خطاها را به ۶ گروه زیر تقسیم میکند

- خطای ناشی از عادت
- خطای توصیفی
- خطای مشتق از داده‌ها برای می‌باشد.

⁹. Reason

¹⁰. Hollnagel

¹¹. Meister

- خطای فعال شدن موارد مشابه
- خطای ناشی از فراموشی فرد
- خطای وضعیتی

براساس نتایج مطالعات مختلف خطاهای انسانی عامل اصلی حوادث محسوب می‌شوند، برای مثال Heinrinh عامل حدود ۸۸٪ حوادث را خطاهای انسانی گزارش می‌کند، Drew ۸٪ تا ۹۰٪ حوادث را ناشی از خطاهای انسانی می‌داند، Reynard&Billing نیز خطاهای انسانی را عامل وقوع ۷۰٪ تا ۹۰٪ حوادث معرفی می‌کنند. در آمار حوادث ۹ ساله ایران نیز (از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۷) علت‌میشد اصلی وقوع حوادث در کلیه سالهای مورد بررسی بغیر از سال ۱۳۶۹ خطاهای انسانی ذکر شده که در طبقه بندی ارائه شده توسط سازمان تأمین اجتماعی با عنوان "بی احتیاطی" قید شده است. می‌باشد Spicer&Older نیز در بحث علل وقوع حوادث عقیده دارند که یکی از علل اساسی اغلب حوادث در کنار محیط و تجهیزات خود افراد هستند. در یک مطالعه دیگر که توسط Shinar صورت پذیرفته علت می‌باشد اصلی اغلب حوادث رانندگی، خطای انسانی معرفی شده است^(۸) کریمی و محمدفام، ۲۰۱۸). ریسک: احتمال پتانسیل آسیب ناشی از وقوع خطر^(۹) میرجلیلی، ۱۳۸۸).

مدیریت ریسک: فرآیند سیستماتیک شناسایی، آنالیز و پاسخگویی به ریسک می‌باشد، که در پی افزایش و به حداکثر رساندن احتمال و پیامدهای حوادث مطلوب و به حداقل رساندن احتمال و عواقب می‌باشد اتفاقات نامطلوب و با اثر منفی بر روی اهداف ایمنی و بهداشت حرفه‌ای است^(۴) جوزی، ۱۳۸۶). در اوایل دهه ۳۰ میلادی هنریچ اعمال ناایمن را علت اصلی بروز حوادث بیان کرد. وی در کتاب «پیشگیری از حوادث صنعتی» با بیان این موضوع فصل تازه‌ای در خصوص مطالعات حوادث شغلی ایجاد نمود و براساس آن مدل دمینو را ارائه کرد. بر اساس این مدل مراحل انجام یک حادثه از ابتدا تا می‌باشد آنها شامل ۵ مرحله می‌باشد. این مدل یک مدل تک علتی است و علت بروز حوادث را نیروی کاری و مبتنی بر سوابق اجتماعی و فردی کارکنان می‌داند. براساس این مدل سوابق فردی و ویژگی‌های

شخصی افراد با عث تصمیم گیری اشتباه و ایجاد یک عمل نایمن یا شرایط نایمن منجر به حادثه و بروز خسارت می گردد.

مراجع متعددی برای بیان تعاریف، رویکردها، طبقه بندی و شناسایی فاکتورهای انسانی و خطای انسانی وجود دارند. بررسی ها نشان می دهد بیش از ۲۰۰ روش برای مطالعه فاکتورهای انسانی وجود می باشد دارد. پس از غربالگری که توسط «سالمون و همکاران» در مرکز تکنولوژی دفاعی آمریکا انجام گرفت لیست کوتاهی از ۹۱ روش قابل استفاده و پرکاربرد انتخاب گردید. این ۹۱ روش به شرح زیر تقسیم بندی شده است:

- ۱- تکنیک های جمع آوری اطلاعات
- ۲- تکنیک های آنالیز وظایف
- ۳- تکنیک های آنالیز وظایف شناختی
- ۴- تکنیک های نموداری
- ۵- روش های شناسایی خطای انسانی برای می باشد.
- ۶- روش های اندازه گیری سطح هوشیاری
- ۷- روش های اندازه گیری بار کار ذهنی
- ۸- روش های اندازه گیری عملکرد گروهی
- ۹- تکنیک های آنالیز وجوه مشترک (تکنیک های آنالیز تعامل)
- ۱۰- تکنیک های طراحی سیستم
- ۱۱- تکنیک های ارزیابی زمان عملکرد (حاج حسینی، ۱۳۸۹).

۹-۱- طبقه بندی خطاهای انسانی

شیوه‌های مختلفی برای دسته‌بندی خطاهای انسانی وجود دارد و هرکدام از محققان بسته به رویکردی که به این موضوع دارند، طبقه‌بندی‌های متفاوتی برای خطاهای انسانی قائل هستند که در ادامه به برخی از می‌باشد آن‌ها اشاره می‌شود:

- طبقه‌بندی براساس ژنوتیپ و فنوتیپ

در یکی از مهم‌ترین طبقه‌بندی‌ها، خطاهای انسانی به ژنوتیپ و فنوتیپ تقسیم‌بندی می‌شوند. این عبارات از علوم زیست‌شناختی نشأت گرفته‌اند و منظور از آن‌ها به ترتیب «کدهای درونی یا اطلاعات ارثی» و «تظاهرات خارجی یا فیزیکی» است.

در زمینه خطای انسانی، ژنوتیپ یک خطا مرتبط با خاستگاه آن است. برای مثال، وظیفه‌ای که انجام می‌شود، ممکن است از تعدادی زیروظیفه تشکیل شده باشد. اگر خطا حین فرآیند انتخاب بین گزینه‌های مختلف رخ دهد، حتی اگر وظیفه به نحو صحیح انجام شود، ممکن است به یک نتیجه ناخوشایند منجر شود. چنین موقعیت‌هایی هنگام انجام وظایف ناآشنا یا پیچیده که نیاز به تفکر آگاهانه و برنامه‌ریزی با می‌باشددقت دارند، افزایش می‌یابند. بنابراین، منبع یا ژنوتیپ خطا ناشی از فرآیند انتخاب است نه ناشی از انجام وظیفه شغلی.

فنوتیپ، چگونگی رخداد خطا را نشان می‌دهد و در انجام یک عمل نادرست (یا عدم انجام آن) به- می‌باشدد صورت فیزیکی نمایان می‌شود. فنوتیپ ضمن اینکه به طور کامل قابل مشاهده است، ممکن است قابل اندازه‌گیری نیز باشد. درمقابل، ژنوتیپ نمی‌تواند تظاهر خارجی داشته باشد و یا به آسانی اندازه‌گیری می‌باشدد شود، مگر در مواردی که بعداً توسط فردی که وظیفه را انجام می‌دهد و هنگامی که خروجی ناخوشایند ظاهر شود، به خاطر آورده شود (عدل و جهانگیری، ۱۳۸۳).

- طبقه‌بندی مهارت، قانون و دانش بنیان^{۱۲}

طبقه‌بندی سطوح رفتاری مهارت، قانون و دانش بنیان توسط راسموسن^{۱۳} ارائه شده است.

¹². SRK: Skill, Rule and Knowledge

¹³. Rasmussen

الف) رفتار مهارت بنیان:

رفتار مهارت بنیان، پایه‌ای‌ترین سطح عملکرد انسان است و عموماً به وظایف کاملاً آشنا و معمولی مربوط است که می‌تواند به راحتی در یک سطح خودکار و بدون تفکر آگاهانه انجام شود. درواقع، وظایفی که در این سطح از رفتار انجام می‌شوند، آنچنان آشنا هستند که به بازخورد اطلاعات از محیط می‌باشدبه-منظور انجام موفق وظیفه شغلی، نیاز ندارند. این نوع از رفتار، قابلیت اطمینان زیادی دارد و خطاهایی که در آن رخ می‌دهند، ذاتاً طبیعی بوده یا از دخالت‌های ایجاد شده در الگوهای شناخته شده می‌باشد برای انجام فعالیت‌ها ناشی می‌شود.

ب) رفتار قانون بنیان:

در رفتار قانون بنیان، در مقایسه با رفتارهای مهارت بنیان، وظایف پیچیده‌تر و کمتر آشنا هستند. این وظیفه مطابق یک سری از قوانین و مقررات انجام می‌شود. اگرچه این قوانین ممکن است در قالب می‌باشد روش‌های مکتوب موجود باشند، ولی ممکن است از تجربه یا آموزش رسمی فراگرفته شده باشند و در زمان انجام وظیفه بازیابی شوند.

ج) رفتار دانش بنیان

رفتار دانش بنیان هنگامی که یک موقعیت کاملاً جدید که فرد تجربه‌آشنایی قبلی با آن‌ها را ندارد (قبلاً انجام نشده‌اند و برای آن‌ها قانونی تدوین نشده است)، پدید می‌آید^{۱۱} (محمدفام، ۱۳۹۴).

• طبقه‌بندی سامانه مدل‌سازی عمومی خطا^{۱۴}

این طبقه‌بندی در سال ۱۹۹۰ توسط ریزن ارائه شد. براساس این مدل، خطاهای انسانی در سطح مهارت بنیان، شامل لغزش‌ها (نقص در توجه) و فراموشی‌ها یا اختلال حواس (نقص در عملکرد حافظه) هستند که در حین انجام وظایف (فاز اجرا) رخ می‌دهند. در سطح قانون و دانش بنیان نیز خطاها از نوع اشتباهاتی می‌باشند که در فاز طرح‌ریزی رخ می‌دهند. مفاهیمی که در این طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌باشند می‌گیرند عبارتند از:

¹⁴. GEMS: General Error Modeling System

- لغزش: نقص در اجرای یک عمل برنامه‌ریزی شده.
- فراموشی: عدم انجام یک عمل برنامه‌ریزی شده به علت اختلال در حافظه یا ذخیره‌سازی اطلاعات.
- اشتباه: خطا در طرح‌ریزی یک عمل، بدون توجه به اینکه آیا عمل بدرستی انجام شده است یا خیر (کرمانی و همکاران، ۱۳۹۱).
- طبقه‌بندی برحسب علت وقوع خطامیباشد
- در این طبقه‌بندی، خطاها برحسب علت وقوع به انواع زیر طبقه‌بندی می‌شوند:
- الف) خطاهای مربوط به افرادمیباشد
- این خطاها خود شامل موارد زیر است
- خطاهای سهوی: این خطاها مورد میل فرد نیستند و به‌طور سهوی و علی‌رغم اینکه فرد قصد دارد کارش را صحیح انجام دهد، رخ می‌دهند
- خطاهای ناشی از عادت: این خطاها وقتی رخ می‌دهند که عملی که مکرراً انجام می‌شود، با عمل دیگری جایگزین شود.
- خطای شناسایی: این خطا وقتی رخ می‌دهد که چیزی به اشتباه شناسایی شود.
- خطاهای ناشی از غیرممکن بودن وظیفه شغلی: برخی از وظایف شغلی بسیار پیچیده و مشکل می‌باشد بوده و انجام آنها غیرممکن است، در نتیجه، برای انجام آنها از روش‌های میان‌بر استفاده می‌شود. چنین مواردی اگر به دقت مورد بررسی قرار نگیرند، می‌توانند منجر به بروز خطا شوند. می‌باشد
- خطای ناشی از درک غلط: در این نوع از خطا، اطلاعاتی که برای تصمیم‌گیری وارد سامانه می‌شوند، به‌طور غیرصحیحی درک و تفسیر می‌شوند.
- خطای ناشی از کمبود دانش: منبع معمول این نوع خطا، نقص در بدست آوردن اطلاعات موردنیاز از منابع است که سبب می‌شود درمورد تجهیزات و عملکرد آنها، اطلاعات کافی (به‌خصوص در شرایط

غیرمعمول) وجود نداشته باشد و در نتیجه کاربر برحسب فرضیات خود که ممکن است اشتباه باشند (و سبب بروز خطا شوند)، عمل کند.

- کلیشه‌های ذهنی: منظور از کلیشه‌های ذهنی، مجموعه‌ای از عقاید و نگرش‌هایی است که فرد همواره نسبت به آن‌ها معتقد بوده و تغییر آن‌ها در فرد بسیار مشکل است. این نوع خطا ناشی از میباشدانظارات و عادات می‌باشد.

- خطاهای ناشی از انگیزه زیاد یا کم: انگیزش زیاد می‌تواند ناشی از اشتیاق زیاد برای انجام سریع کارها باشد. انجام سریع کارها سبب ریسک کردن و استفاده از راه‌های میان‌بر برای انجام کار می‌باشدمی - شود.

- خطای ناشی از عدم تناسب فرد یا وظیفه شغلی: در برخی موارد توانمندی‌های فرد (هم از نظر فیزیکی و هم از نظر فکری و روانی) با نیازمندی‌های وظیفه شغلی که به او محول شده است، می‌باشدمتناسب نیست و همین عامل سبب بروز خطا می‌شود.

- طبقه‌بندی براساس رفتارهای قابل مشاهده انسان

سوین در سال ۱۹۷۴ خطاها را برحسب رفتارهای قابل مشاهده انسان به پنج دسته زیر طبقه‌بندی کرد:

الف) خطای حذف (عدم انجام وظیفه شغلی) برای می‌باشد.

ب) خطای ارتکابی (انجام وظیفه شغلی به شیوه نادرست)

ج) خطای ناشی از انجام عمل زائد (انجام یک عمل زائد) برای می‌باشد.

د) خطای توالی (انجام وظیفه شغلی برخلاف ترتیب تعریف شده)

ه) خطای زمان‌بندی (انجام وظیفه شغلی در زمان نامناسب) (۵عدل و جهانگیری، ۱۳۸۳).

- طبقه‌بندی براساس مراحل پردازش اطلاعات:

ساری^{۱۵} نیز در سال ۱۹۷۴ خطاهای انسانی را باتوجه به مراحل پردازش اطلاعات به سه دسته شامل خطا در تشخیص، خطا در تصمیم‌گیری و خطا در اجرا طبقه‌بندی نمود.

- طبقه‌بندی برحسب فازهای مختلف سامانه:

طبقه‌بندی خطای انسانی برحسب فازهای مختلف سامانه (ساختمانی، عملکردی و تعمیراتی) به شرح می‌باشد زیر می‌باشد:

الف) فاز ساختمانی: ازجمله خطاهایی که در این مرحله رخ می‌دهند می‌توان به شناسایی اشتباهی تجهیزات، برچسب‌گذاری غلط تجهیزات، نصب تجهیزات در منطقه خطرناک و کالیبراسیون نامناسب تجهیزات اشاره کرد.

ب) فاز عملیاتی: بروز خطاهای انسانی در این فاز عمدتاً ناشی از دستورالعمل‌های پیچیده، فهم غلط می‌باشد دستورالعمل‌ها، وارد کردن یا نوشتن مقدار غلط یک سنجه عملیاتی، جا انداختن یک مرحله از دستورالعمل یا وظیفه شغلی، شناسایی غلط، تخمین غلط یک کمیت، نقص در ارتباطات، نقص در قفل و برچسب‌گذاری تجهیزات و عدم آگاهی کامل از عملکرد تجهیزات و یا فرآیند تولید می‌باشد.

ج) فاز تعمیراتی: مهم‌ترین خطاها در فاز تعمیرات مربوط به استفاده از تجهیزات معیوب، کالیبراسیون اشتباه تجهیزات و به‌طورکلی غفلت و سهل‌انگاری در فرآیند تعمیرات می‌باشد (عدل و جهانگیری، ۱۳۸۳).

- طبقه‌بندی براساس دیدگاه کنترلی

در این طبقه‌بندی که توسط کلتز^{۱۶} ارائه شده است، خطاهای انسانی از دیدگاه کنترلی به ۵ دسته تقسیم می‌شوند:

الف) اشتباهات: در این دسته از خطاها، شخص نمی‌داند چه کاری باید انجام دهد و حتی بدتر فکر می‌کند که می‌داند.

¹⁵. Surry

¹⁶. Kletz

ب) نقض مقررات: حوادث زیادی وجود دارند که در آنها کارکنان تعمیراتی یا سرپرستان از میباشد دستورالعمل‌هایی که آن‌ها را غیرضروری دانسته‌اند، پیروی نکرده‌اند.

ج) خطاهای ناشی از عدم تناسب: حوادث ممکن است به علت عدم تناسب افراد با وظایف شغلی‌شان رخ دهند. به عنوان مثال از فرد خواسته شود کاری را انجام دهد که انجام آن کار برایش از نظر فکری یا میباشد فیزیکی غیرممکن یا مشکل باشد.

د) خطاهای ناشی از اختلال حواس یا ضعف حافظه: این گونه خطاها را می‌توان با آموزش بهتر، تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها، نظارت و انتخاب کارگر مناسب، کنترل کرد، ولی در برخی موارد، حتی اگر فرد خوب آموزش دیده باشد، انگیزه بالایی داشته باشد و از لحاظ فیزیکی و روانی برای انجام کار متناسب میباشد باشد، باز هم ممکن است خطا رخ دهد.

ه) خطاهای مدیریتی: در این دسته از خطاها، مدیریت نقش خود را در جهت جلوگیری از حوادث درک نکرده است، که این مسئله خود می‌تواند ناشی از نبود آموزش کافی، عدم توانایی و تصمیم عمده میباشد در مورد اهمیت ندادن به ایمنی باشد^(۱) محمدفام و همکاران، ۱۳۸۹).

- طبقه‌بندی خطاهای انسانی برحسب زمان آشکارسازی (خطاهای پنهان و فعال)
 - خطاهای پنهان: منظور از خطای پنهان، خطایی است که بین ارتکاب و ظهور نتیجه آن یک فاصله زمانی وجود دارد. این فاصله زمانی سبب کاهش شانس کشف خطا و افزایش احتمال میباشد رخداد حادثه پس از ارتکاب خطا می‌شود. دوره نهفتگی خطاهای پنهان بسته به نوع فعالیت‌ها و تصمیم‌گیری مدیریتی ممکن است ماه‌ها یا حتی سال‌ها به طول انجامد.

- خطاهای فعال: برخلاف خطاهای پنهان، اثرات و پیامدهای خطای فعال، فوری آشکار می‌شود.

- طبقه‌بندی خطاهای انسانی برحسب نیت یا قصد انجام (عمدی یا سهوی)
 - در یک طبقه‌بندی دیگر، خطاها برحسب نیت و قصد انجام آن‌ها به دو دسته عمده و سهوی طبقه‌بندی می‌شوند. خطاهای سهوی (غیرعمدی) شامل اختلال حواس و اشتباهات هستند که در بخش -

های قبل مورد بحث قرار گرفتند. خطاهای عمدی نیز به دو دسته تخلفات (نقض مقررات) و خرابکاری، طبقه‌بندی می‌شوند (محمدفام و همکاران، ۱۳۸۹).

- طبقه‌بندی براساس ویژگی‌های روان‌شناختی از نظر روانشناسان مهم‌ترین دلایل وقوع خطای انسانی می‌تواند موارد زیر باشد، با ذکر این نکته که سهم هر کدام از علل زیر باتوجه به متغیرهای فردی، اجتماعی، فرهنگی و غیره در گروه‌های مختلف یکسان نمی‌باشد:

- افراد با نحوه اجرای روش‌های ایمن آشنا نیستند (مهارت)

برای مثال ممکن است عدم رعایت علائم ایمنی از سوی یک فرد بی‌سواد و آموزش ندیده ناشی از عدم درک مفاهیم آنها باشد، کارگری که بدون توجه به دستورالعمل‌های کاری در هنگام کار تعمیراتی دستگاه می‌باشد در حالت صفر مکانیک قرار نمی‌دهد ممکن است از نحوه کار آگاهی نداشته باشد و غیره. هرچند می‌باشد که نقش اینگونه اعمال نایمن در کارهای غیررسمی و مشاغلی که نظارت قانونی بر روی آنها وجود ندارد قابل توجه بوده و این امر می‌تواند یکی از علل عمده بالا بودن فراوانی حوادث در میان افراد کم تجربه و جوان‌تر باشد. هرچند که در صنایع بزرگ‌تر به دلیل مکانیسم‌های موجود در انتخاب، آموزش و نظارت بر کار از نقش عوامل یاد شده کاسته می‌شود.

همان‌طوری که اشاره شد برای به حداقل رساندن میزان این‌گونه اعمال نایمن تبعیت از اصل «تطابق کار با کارگر» و یا در شرایط اجباری «تطابق کارگر با کار» در مرحله انتخاب کارگران تنها نسخه شفابخش محسوب می‌شود.

علاوه بر رعایت اصول علمی در انتخاب کارگران و همچنین در صورت وجود محدودیت‌های ویژه در فرایند انتخاب، آموزش و مهم‌تر از آن بازآموزی‌ها نقش حیاتی ایفاء می‌کند.

- ضرورت انجام عمل عمل ایمن را احساس نمی‌شود (نگرش). برای می‌باشد.

در بسیاری از اوقات افراد لزوم رعایت اصول ایمنی را درک نکرده و در نتیجه وقعی به آن نمی‌نهند. استفاده نکردن از وسایل حفاظت فردی در محیط‌های شغلی نمونه‌ای از این مثال‌ها می‌باشد. حال این

سوال پیش می‌آید که چرا ضرورت یک عمل نایمن براحتی توسط افراد مختلف احساس نمی‌گردد؟ شاید جواب این باشد که افراد، نایمن عمل می‌کنند زیرا قبلاً نیز که کارشان را نایمن انجام داده‌اند ولی هرگز آسیبی ندیده‌اند..

تداوم رفتار نایمن افراد تحت تأثیر یک یا چند عامل تقویت کننده قرار می‌گیرد. آن دسته از رفتارهای که پیامدهای فوری، مشخص و مثبت دارند تأثیرات قوی‌تری بر رفتار افراد خواهد داشت (حاج حسینی، ۱۳۸۹).

یکی از روش‌های پیشنهادی برای مبارزه با این نوع نگرش‌های غلط، بهبود آگاهی افراد از ایمنی و اصلاح نگرش‌های آنهاست. در این حالت تلاش‌های انجام شده برای اصلاح رفتارهای نایمن افراد، غالباً براساس این باور است که نگرش‌های افراد تعیین کننده رفتار آنهاست. بنابراین اغلب راه حل‌ها متکی به تبلیغات و آموزش‌های ایمنی افراد است تا تغییراتی در نگرش‌ها و در نتیجه رفتارهای آنها حاصل گردد. هرچند که در اصل نگرش‌های ایمنی مثبت، مطلوب و حائز اهمیت‌اند ولی اتصال حاصل از تغییر نگرش به تغییر رفتار بسیار ضعیف است بدین صورت که یک نگرش منفرد حداقل شامل سه مؤلفه تفکر (از نوع شناختی)، احساس (از نوع هیجانی) و قصد انجام کار (تعهد) می‌باشد. همچنین هر نگرش خود نیز به مجموعه‌ای از نگرش‌های دیگر متصل است. بنابراین عقل حکم می‌کند که هرگونه تلاش در می‌باشد راستای تغییر یک نگرش بایستی کلیه مؤلفه‌های مذکور را مدنظر قرار دهد که این امر در عمل تقریباً غیرممکن است..

خوشبختانه از طرف دیگر اتصال حاصل از تغییر رفتار به تغییر نگرش‌ها بسیار قوی‌تر است به عبارت بهتر اگر افراد به صورت هوشیارانه رفتار خود را تغییر دهند این تمایل در آنها ایجاد می‌شود که نگرش- می‌باشد‌های خود را تنظیم کنند تا با رفتار جدید متناسب گردد و این امر در بسیاری از اوقات رخ می‌دهد زیرا افراد سعی می‌کنند که تنش‌های ایجاد شده به علت عدم تناسب بین رفتار و نگرش‌های خود را

کاهش دهند. بنابراین تغییر رفتار منجر به ایجاد نگرش‌های جدید می‌شود که خود پشتیبان رفتارهای جدید می‌گردند^{۱۹} (مظلومی و همکاران، ۱۳۸۹)

- افراد فکر می‌کنند که انجام اعمال نایمن آسیبی به آنها وارد نمی‌سازد (باور)..

این نوع باورهای غلط در افراد مختلف و بنا به دلایل متعدد شکل می‌گیرد، یکی از علل اصلی شکل‌گیری این نوع باورها عادت به خطر است یعنی اینکه افراد به دلیل مجاورت مداوم با خطر احساس می‌کنند که در عمل خطری وجود ندارد. در این دسته از کارگران سازوکار انطباقی نیرومندی ایجاد می‌شود که باعث می‌گردد خطرات کوچک انگاشته شوند. هر چه خطر، جزئی ذاتی و تفکیک‌ناپذیر از شغل باشد انطباق یاد شده قوی‌تر خواهد بود. وجود این پدیده در کارگران و افراد یاد شده روند برنامه‌های آموزشی را بسیار دشوارتر می‌سازد بدین معنا که این دسته از افراد همواره می‌پندارند که نوک پیکان خطرات به سمت دیگران نشانه‌روی شده است^{۲۰} (شیرالی و همکاران، ۱۳۹۶). برای می‌بخاطر استرس‌های موجود موضوع ایمنی فراموش می‌شود (هیجانی)

موضوع استرس‌های ناشی از کار شامل استرس‌های روانی و فیزیکی و نقش آن در کاهش سطح ایمنی مسئله‌ایست که حداقل از دهه گذشته به شدت مورد توجه قرار گرفته و بخش زیادی از علم ایمنی و سایر رشته‌های مرتبط را به خود اختصاص داده است. امروزه نتایج مطالعات متعدد حاکی از این است که در شرایط استرس‌زا افراد باتوجه به شدت عوامل استرس‌زا و همچنین عوامل مقابله‌کننده با این‌گونه شرایط نظیر خصوصیات شخصیتی، آموزش‌های قبلی و غیره از دامنه اعمال نایمن دور می‌شوند. البته به‌خوبی می‌باشد پیداست اعمال مغایر با اصول ایمنی که در این شرایط از سوی کارگران رخ می‌دهد بیشتر به‌جای اینکه عمل نایمن باشند بیشتر در قالب خطاهای انسانی می‌گنجد^{۲۱} (جهانی و همکاران، ۱۳۹۶).

- از نظر ویژگی تلاش زمان کمتری به‌خود اختصاص می‌دهد (شخصیتی)

از نقطه نظر ایمنی، خصوصیات شخصیتی الگوهای ویژه‌ای محسوب می‌شوند که بسیار با ثبات و دیرپا بوده که همبستگی برخی آنها با افزایش حوادث ناشی از کار مورد تأکید قرار گرفته است. بیشتر ویژگی-

های شخصیتی افراد را آمیزه‌ای از تجارب دوران کودکی و خزانه ژنتیکی تعیین می‌کند که تغییر آنها بسیار دشوار می‌باشد. به همین دلیل توصیه می‌شود که به جای تلاش جهت تغییر شخصیت، متخصصین ایمنی تلاش‌های خود را بر روی ارتباط بین ویژگی‌های شخصیتی و رفتارهای ایمنی متمرکز سازند که این امر با اندازه‌گیری ویژگی‌های شخصیتی خاص در میان متقاضیان کار و استفاده از اطلاعات حاصله در انتخاب و گزینش آن‌ها و همچنین در تصمیم‌گیری‌های آموزشی عملی می‌شود.

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های شخصیتی که از اهمیت بالایی در ایمنی برخوردار است کنترل انگیزه می‌باشد، این ویژگی عبارت از درجه‌ای است که شخص قبل از انجام عمل می‌اندیشد. افرادی که از کنترل انگیزه بالایی برخوردارند پیامدهای عمل را قبل از عمل سنجیده و برای دستیابی به پاداش‌های بهتر و بیشتر در آینده از پاداش‌های ناچیز و فوری صرف‌نظر می‌کنند بالعکس شخصی با کنترل انگیزه پائین، به‌طور ناگهانی و بدون دوراندیشی دقیق عمل کرده و پیامدهای کوتاه مدت و فوری را ترجیح می‌دهند.

باتوجه به ثبات نسبی ویژگی‌های شخصیتی در طول زمان و با درنظر گرفتن این اصل روانشناسی که «رفتار گذشته بهترین پیش‌بینی کننده رفتار آتی است» می‌توان در معاینات بدو استخدام از طریق آزمون‌های استخدامی عینی و مبتنی بر شخصیت، ویژگی‌های شخصیتی موردنظر در افراد متقاضی کار را ارزیابی کرده و ضمن استخدام افراد صلاحیت‌دار، برای اجرای برنامه‌های آموزشی طرح‌ریزی‌های لازم را نیز انجام داد^(۲) حاج حسینی، ۱۳۸۹).

۱۰-۱- روش‌های شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی

برای شناسایی خطاهای انسانی و تعیین پیامد آن‌ها بر روی سامانه و نیز بررسی علل رخداد آن‌ها، روش‌های متعددی ارائه شده است که در ادامه برخی از مهم‌ترین آنها ارائه می‌شوند.

- روش‌های ارزیابی قابلیت اطمینان انسان^{۱۷}

¹⁷. HRA: Human Reliability Assessment

ارزیابی قابلیت اطمینان انسان بخشی از ارزیابی قابلیت اطمینان کل سامانه است که در آن، عملکرد انسانی مورد مطالعه قرار می گیرد. در این فرآیند، از تخصص های مختلف شامل مهندسی، روانشناسی و ارگونومی استفاده می شود. به طور کلی در این فرآیند، احتمال خطای انسانی در یک وظیفه شغلی خاص و با لحاظ نمودن فاکتورهای مؤثر بر عملکرد مورد بررسی قرار می گیرد. ارزیابی های کمی این فرآیند در واقع بخشی از واکاوی ایمنی احتمالی کل سامانه است که در آن، درجه ایمنی و آمادگی سامانه از نظر مداخلات انسانی، دامنه و گستره نقایص انسان در مقایسه با نقایص فنی و نقش آن ها در ایمنی کل سامانه مورد بررسی قرار می گیرد. در واقع در ارزیابی کمی قابلیت اطمینان انسان، خطاهای انسانی شناسایی و به احتمال خطای انسانی تبدیل می شوند^(۵۰ هیلینگ، ۱۹۹۸).

سه عملکرد مهم ارزیابی قابلیت اطمینان انسان عبارتند از: شناسایی آنچه که می تواند غلط انجام شود. برآورد اینکه خطای انسانی چند وقت به چند وقت می تواند رخ دهد و کاهش نقایص انسانی از طریق پیشگیری از وقوع و یا بازیابی آن ها.

برای انجام ارزیابی قابلیت اطمینان انسان روش های مختلفی وجود داد که در همه آن ها، وظایفی که باید توسط آن ها انجام شود، شناسایی می شود. سپس هر کدام از وظایف شغلی به زیر وظایف شکسته شده تا فرصت های ایجاد خطا در هریک از آنها شناسایی شود. در مرحله بعد، از داده های گذشته یا نظرات کارشناسان برای برآورد احتمال ایجاد خطا در وظایف استفاده می شود. در این فرآیند لازم است شرایط تأثیرگذار بر ایجاد خطا در نظر گرفته شوند^(۷ کیانی و محمدفام، ۱۳۹۴).

روش های متعددی برای ارزیابی قابلیت اطمینان انسان به کار گرفته می شوند که از جمله پرکاربردترین آنها می توان به روش های زیر اشاره کرد:

- پیش بینی نرخ خطای انسانی^{۱۸}
- ارزیابی و کاهش خطای انسانی^{۱۹}

¹⁸. THERP: Technique for Human Error Rate Prediction

¹⁹. HEART: Human Error Assessment and Reduction Technique

- بررسی حادثه و واکاوی توالی^{۲۰}
 - شاخص احتمال موفقیت^{۲۱}
 - قابلیت اطمینان شناختی انسان^{۲۲}
 - شبیه سازی کارآیی پرسنل تعمیراتی^{۲۳}
 - واکاوی درخت واقعه شناختی^{۲۴}
 - روند زمانی تعامل انسانی^{۲۵}
 - واکاوی وقایع انسانی^{۲۶}
 - واکاوی درخت تشخیص نابجا^{۲۷}
 - جستجو و ارزیابی خطای ارتکابی^{۲۸}
 - واکاوی خطا با تأکید بر قابلیت اطمینان شناختی انسان^{۲۹}
 - روش شناسایی خطاهای انسانی در سامانه‌ها^{۳۰}
- در این روش، خطاهای انسانی با طرح سؤالات راهنما در چهارچوب مراحل تصمیم‌گیری ساری و میباید عوامل مؤثر بر عملکرد، شناسایی و علل ریشه‌ای و ساز و کارهای روان‌شناختی هر خطا تعیین می‌شود. عوامل مؤثر بر عملکرد شامل زمان، تعامل با نشانگرها، آموزش و تجربه، دستورالعمل‌های کاری، میباید ساماندهی وظایف و پیچیدگی وظیفه می‌باشد.
- روش واکاوی پیش‌بینانه خطای انسانی^{۳۱}

²⁰. AIPA: Accident Investigation and Progression Analysis

²¹. SLIM: Success Likelihood Index Method

²². HCR: Human Cognitive Reliability

²³. MAPPS: Maintenance Personnel Performance Simulation

²⁴. COGENT: Cognitive Event Tree Analysis

²⁵. Hitline: Human Interaction Timeline

²⁶. ATHEANA: A Technique for Human Event Analysis

²⁷. MDTA: Commission Errors Search and Assessment Method

²⁸. CESA: Misdiagnosis Tree Analysis Method

²⁹. CREAM: Cognitive Reliability and Error Analysis Method

³⁰. HEIST: Human Error Identification in System Tool

در این روش، کلیه خطاهای انسانی در وظایف شغلی به صورت کیفی مورد شناسایی و واکاوی قرار می گیرند. مهم ترین مزایای این روش، راحتی استفاده، نظام مند بودن و همچنین مبتنی بودن آن بر روش می باشد واکاوی وظایف شغلی سلسله مراتبی است. در این روش، ضمن پیش بینی خطاهای انسانی در هر کدام از وظایف یا مراحل شغلی، چگونگی بازیابی خطاهای پیش-بینی شده قبل از اینکه پیامد نامطلوبی داشته باشند نیز تعیین می گردد (Bligård et al, 2014³¹).

• روش مطالعه خطر و عملیات انسانی^{۳۲}

این روش نخستین بار توسط انجمن صنایع شیمیایی امریکا در سال ۱۹۷۴ جهت شناسایی انحرافات ایجاد شده از حالت طراحی واحدهای جدید یا در حال کار، ابداع گردید. در این روش، انحرافات محتمل در واحد فرآیندی (که می تواند باعث عملیات نامطلوب یا ایجاد خطر گردد) تشخیص داده شده و عواقب این انحرافات بر فرآیند مورد ارزیابی قرار می گیرد (Adhitya et al, 2009³²).

در این روش، تیم ارزیابی با بهره گیری از قوه تجسم خود، تمام حالت های ممکن بروز خطرات و مشکلات عملیاتی را به صورت نظام مند و مرحله به مرحله، کشف و مورد بررسی قرار می دهد. در این روش از تعدادی کلمات راهنما استفاده می شود. هنگامی که کلمات راهنما به متغیرهای عملیاتی مانند جریان، فشار، دما اضافه می شوند، می توان انحرافات مختلف در عملکرد سامانه مورد نظر را بررسی کرد. می باشد سپس اعضای تیم به بررسی علل ایجاد انحراف، عواقب آن و معیارهای حفاظتی موجود می پردازند. اگر علل و عواقب مشخص شد و معیارهای حفاظتی مناسبی وجود نداشت، پیشنهاداتی برای کاهش خطر و می باشد جلوگیری از ایجاد انحراف پیشنهاد می شود. این روش انواع مختلفی دارد، از جمله فرآیندی، انسانی، رویه ای و نرم افزاری. در نوع انسانی، بیشتر خطاهای انسانی ممکن در وظایف شغلی مورد بررسی قرار می گیرد (تا خطاهای فنی). اطلاعات ورودی برای این نوع HAZOP شامل رویدادهای کاری، جانمایی ایستگاه کاری و موضوعات مربوط به رابطه انسان و ماشین می باشد و در آن، خطاهای مربوط به

³¹. PHEA: Predictive Human Error Analysis

³². H-HAZOP: Human Hazard and Operability Study

طراحی و نحوه استفاده ابزارآلات و رایانه‌ها، خطاهای مربوط به تعیین نقش کاربر و صلاحیت کاری او در سامانه و خطاهای مربوط به روابط کاری و انسانی پوشش داده می‌شود^{۳۳} (رمضان، ۲۰۰۷).

- واکاوی درخت خطا^{۳۴} و درخت واقعه^{۳۵}

روش‌های واکاوی درخت خطا و درخت واقعه، روش‌های گرافیکی هستند که می‌توانند در شناسایی علل مؤثر در رخداد یک رویداد نامطلوب (ازجمله خطای انسانی) و پیامدهای نهایی ناشی از آن و نیز تعیین تکرارپذیری (احتمال) آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد. ترکیب این دو روش می‌تواند تحت عنوان نمودار پاپیونی برای نمایش هم‌زمان علل و عوامل رخداد واقعه نامطلوب و انواع پیامدهای ناشی از آن به کار گرفته شود.

واکاوی درخت خطا یک روش گرافیکی است که کلیه علل منطقی که می‌تواند هریک به‌تنهایی و یا مجموعاً منجر به یک واقعه رأس (نظیر صدمه به فرد، بروز اشکال در تجهیزات، نشت گاز سمی و میباشد خطرناک، توقف در سامانه تولید) گردد را به نمایش می‌گذارد. اما در واکاوی درخت واقعه، هدف تعیین تکرارپذیری پیامدهای نهایی ناشی از یک واقعه اولیه می‌باشد (Lio et al, 2014⁶³).

- واکاوی حالت نقص و اثرات آن برای شناسایی و ارزیابی خطای انسانی^{۳۵}

این روش، یک روش استقرایی (از جزء به کل) است که جهت ارزشیابی اثرات حالت‌های نقص بالقوه بر روی سامانه‌ها، اجزاء، وظایف یا عملکردها به کار می‌رود. به علاوه از این روش می‌توان برای شناسایی حالت‌های نقصی که ممکن است بر قابلیت اطمینان کل سامانه تأثیرگذار باشند، استفاده نمود.

روش FMEA را می‌توان در سطوح مختلف سامانه و در زمان‌های متفاوت در طول چرخه عمر یک سامانه به کار برد. در این روش، همه مسیرهایی که زیرسامانه‌ها ممکن است دچار نقص شوند و همچنین اثر این نقص‌ها بر روی سامانه، مورد بررسی قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر، FMEA قابلیت اطمینان می‌باشد طراحی سامانه را مورد ارزیابی قرار داده و عواملی که می‌تواند منجر به نقص سامانه شود را

³³. FTA: Fault Tree Analysis

³⁴. ETA: Event Tree Analysis

³⁵. H-FMEA: Human Failure Mode & Effect Analysis

شناسایی می‌کند. همچنین، اثرات احتمالی نقص‌های بالقوه را تعیین کرده و می‌تواند در شناسایی نقص‌های با اهمیت از نظر ایمنی مؤثر باشد. روش FMEA انواع مختلفی دارد که FMEA انسانی یکی از آنهاست. در FMEA انسانی، حالت‌های نقص انسان و اثرات آن بر روی سامانه مورد واکاوی قرار می‌گیرد.

- روش واکاوی خطای انسانی و ریسک ایمنی^{۳۶}

این روش یک ابزار پیشگیرانه برای ارزیابی ریسک خطای انسانی است که توسط اداره هوانوردی فدرال^{۳۷} ارائه شده است. اساس کار روش HESRA مبتنی بر روش واکاوی حالات نقص و اثرات (FMEA) است، با این تفاوت که به جای نقایص مربوط به اجزاء، بر خطاهای انسانی و به جای عملکرد اجزاء، بر وظایف شغلی تمرکز می‌شود^{۳۸} (Dharawat et al, 2020).

- روش واکاوی واقعه انسانی

این روش در سال ۲۰۰۰ توسط کمیسیون قانونی و هسته‌ای^{۳۸} با هدف ارائه قابل فهم‌تر برخی از اعمال انسانی در نیروگاه‌های هسته‌ای و صنایعی که فعالیت‌های مشابه دارند، ارائه شد. با استفاده از این روش می‌توان اطلاعات کمی و کیفی درخصوص خطای انسانی به دست آورد. این روش در زمره روش‌های پس از حادثه طبقه‌بندی می‌شود. برای این منظور، یک ساختار روان‌شناختی برای ارزیابی و شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد از جمله عوامل محیطی (سازمانی) که در وقوع رویدادها نقش دارند، با هدف پیشنهاد فرآیندهای بهبود، استفاده می‌شود. در اصل، ATHEANA روشی است برای ارائه گزارش حوادث پیچیده در یک ساختار استاندارد که درک آن ساده‌تر باشد. در این روش، علل حادثه و پیامدهای آن در قالب عوامل سازمانی، عوامل مؤثر بر عملکرد، ساز و کارهای خطا، اعمال نایمن، واقعه نقص انسانی^{۳۹} و پیامدهای نامطلوب طبقه‌بندی و واکاوی می‌شود^{۱۴} (ستاره و کوهپایی، ۱۳۸۴).

- روش پیش‌بینی نرخ بروز خطای انسانی

³⁶. HESRA: Human Error and Safety Risk Analysis

³⁷. FAA: Federal Aviation Administration

³⁸. NRC: Nuclear Regulatory Commission

³⁹. HFE: Human Failure Event

این روش اولین بار توسط سوین و همکاران در صنایع اتمی امریکا مورد استفاده قرار گرفت. هدف از این روش، شناسایی خطاهای انسانی در اتاق کنترل، تعیین احتمال وقوع هریک از آن‌ها و بررسی راه می‌باشد حل‌های ممکن به‌منظور پیشگیری یا کاهش خطاهای موردنظر بود. اگرچه روش THERP در صنعت هسته‌ای ارائه شده است، ولی از آن می‌توان برای برآورد احتمال خطای انسانی در فرآیندهای شیمیایی و دیگر فرآیندهای صنعتی (نظیر فرآیند نفت و گاز، شیمیایی و پالایشگاهی) نیز استفاده نمود. در حال حاضر، این روش یکی از رایج‌ترین روش‌های تعیین نرخ خطاهای انسانی در فرآیند ارزیابی قابلیت اطمینان انسانی است. اساس کار در این روش بدین ترتیب است که ابتدا شغل موردنظر به مؤلفه‌های آن تجزیه می‌شود. سپس در هر مرحله از فعالیت، اشتباهات احتمالی کاربر تعیین و به دو گروه خطای حذف (عمل موردنظر انجام نمی‌شود) یا خطای ارتکابی (در حین اجرا) شامل انجام اشتباه وظایف شغلی نظیر انجام کار غیرضروری، انجام اعمال برخلاف ترتیب مقرر، انجام فعالیت‌ها در خارج از محدوده زمانی مقرر، انتخاب گزینه یا جهت اشتباه، تقسیم‌بندی می‌شود^{۴۰} (ستاره و کوهپایی، ۱۳۸۴)

- برنامه ارزشیابی توالی حادثه^{۴۰}

این روش یک روش کوتاه و خلاصه در واکاوی قابلیت اطمینان انسانی بوده و به‌عنوان یک روش غربالگری اولیه در این خصوص کاربرد دارد. این روش، احتمال خطای انسانی را هم قبل از حادثه و هم می‌باشد بعد از حادثه برآورد می‌کند.

در واکاوی قبل از حادثه که جهت شناسایی سامانه‌ها یا زیرسامانه‌های در معرض خطای انسانی، انجام می‌شود، چنانچه احتمال نقص سامانه در حد غیرقابل قبول تعیین شود، برای واکاوی بیشتر از یک متخصص مهندسی قابلیت اطمینان انسانی استفاده می‌شود. در واکاوی قابلیت اطمینان انسانی بعد از حادثه، احتمال کشف و اصلاح خطاها توسط کاربران قبل از رهایش ماده سمی برآورد می‌شود.

⁴⁰. ASEP: Accident Sequence Evaluation Program

- روش ارزیابی و کاهش خطای انسانی^{۴۱}

این روش برای ارزیابی احتمال رخداد خطای انسانی در حین انجام یک وظیفه شغلی و نیز کاهش احتمال خطا در سامانه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش، یک مدل مبتنی بر زمان است که احتمال می‌باشد نقص کاربر را براساس پنج فاکتور اصلی محاسبه می‌کند. این روش در سال ۱۹۸۰ توسط بلو و کلومباری و برای انجام HRA در صنایع فرآیندی ایجاد شد. استفاده از این روش نسبتاً راحت و آسان بوده و برای ارزیابی‌های سریع HRA مفید است. درعین حال، این روش برای ارزیابی‌های عمیق و جزئی قابل استفاده نیست.

- روش ماشین حساب خطای انسانی^{۴۲}

در این روش احتمال خطای انسانی براساس پنج فاکتور مؤثر بر رخداد خطای انسانی شامل درجه می‌باشد فوریت، پیچیدگی، اهمیت، درجه مهارت فردی و تکرار وظیفه و با استفاده از یک ابزار دیسکی شکل تحت عنوان Risk Disk تعیین می‌شود (Pistocchi et al, 2002³⁹).

۱۱-۱- مدیریت و کاهش خطاهای انسانی

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، خطاهای انسانی اصلی‌ترین دلیل حوادث صنعتی هستند. به عبارتی کلیه نواقص سامانه به خطاهای انسانی نسبت داده می‌شود، چراکه وقتی وسیله‌ای نقص پیدا می‌کند، علت آن اشتباه در طراحی تجهیزات، نقص در ساخت، اشتباه در نصب و ... بوده است ولی متأسفانه در بیشتر تحقیقات (به‌ویژه تحقیقات مربوط به حوادث بزرگ)، اصطلاح «خطای انسانی» مترادف با «خطای می‌باشد کاربر» در نظر گرفته می‌شود.

اگرچه مسائل و مشکلاتی که به وقوع خطای انسانی منجر می‌شوند، اغلب غیرقابل اجتناب هستند، ولی راه‌های متعددی برای پیشگیری و کاهش خطاها و یا محدود کردن پیامدهای ناشی از آن‌ها وجود دارد (ساریان زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

⁴¹. TESEO: Tecnica Empirica Stima Errori Operatori

⁴². HEC: Human Error Calculator

- فرهنگ ایمنی و نقش آن در مدیریت و کاهش خطاهای انسانی

نسبت دادن حوادث به نقایص انسانی به عنوان یک سپر بلا در صنعت ممکن است تصویر کاملی از همه فاکتورهای انسانی را ارائه نکند. مدیریت سازمان نیز باید مسئولیت‌های لازم را درمورد فعالیت‌هایی که ایمنی سازمان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بپذیرد. تصمیمات صحیح مدیریت می‌تواند در ایجاد یک میباشد فرهنگ ایمنی مؤثر واقع شود و از این طریق شرایط پیش زمینه بروز خطاهای انسانی را حذف و یا پیامدهای ناشی از آن را کاهش دهد^{۱۵} (ساربان زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

- مدیریت و کنترل خطاهای انسانی از طریق طراحی

به طور کلی در طراحی تجهیزات دو رویکرد اساسی از نقطه نظر خطای انسانی وجود دارد:

۱) رویکرد سامانه محور: در این رویکرد، بیشتر تأکید بر سامانه است نه انسان. در رویکرد سامانه محور به جای اینکه سامانه برای انسان طراحی شود، انسان باید با سامانه تطابق داده شود. زمانی که در طراحی تجهیزات، اصول ارگونومی در نظر گرفته نشود، حتی در صورت استفاده از پرسنل آموزش دیده و با انگیزه، امکان رخداد خطاهای انسانی وجود خواهد داشت.

۲) رویکرد انسان محور: در این رویکرد، سامانه مطابق با توانایی‌ها و محدودیت‌های انسان طراحی می‌شود. در نتیجه لازم است درک صحیحی از توانایی‌ها و محدودیت‌های انسان داشته میباشد باشیم. برای توجه به مقوله خطاهای انسانی در فرآیند طراحی، در ابتدا لازم است پتانسیل رخداد خطاها و پیامدهای ناشی از آن در شرایط عملیاتی مختلف مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور، می‌توان از روش‌های مشاهده‌ای و تجارب عملیاتی از جمله خطاها و حوادث گذشته استفاده کرد. مهم‌ترین روش‌های کاهش و پیشگیری خطاهای انسانی عبارتند از:

الف) حذف خطاهای انسانی

ب) کاهش احتمال رخداد خطاهای انسانی

ج) حذف و تعدیل پیامد خطا

د) کاهش یا تعدیل پیامد خطا

- رویکردهای علمی برای کاهش خطای انسانی^۹ (مظلومی و محمدفام، ۱۳۹۳)

رویکردهای علمی برای کاهش خطای انسانی، پارادایم‌های گوناگونی را پشت سر گذاشته است. هر پارادایم، مدل‌هایی چند را در درون خود جای می‌دهد و تا اندازه‌ای در توصیف و کاهش خطای انسانی موثر واقع می‌شود ولی به علت آنکه نتوانسته از بروز خطای انسانی در یک حد مطلوب جلوگیری کند پارادایم بعدی ظهور یافته است. این پارادایم‌ها عبارتند از:

الف) رویکرد مهندسی

اساس این رویکرد بر این تفکر نهاده شده است که انسان، یک جزء غیر قابل اعتدال در یک سیستم است. این رویکرد پیشنهاد می‌کند که برای کاهش خطای انسانی بهتر است انسان از محیط کار حذف شود و به جای او از سیستم‌های خودکار استفاده شود. همچنین، برای بالا بردن قابلیت اعتدال‌پذیری، لازم است محیط کار و تعامل‌های مناسب طراحی شود. چنین پیشنهادهایی می‌تواند سودمند باشد ولی باید توجه داشت قدرت سریع تصمیم‌گیری انسان در شرایط پیش‌بینی نشده و نیز برخی مشکلات فنی در سیستم‌های خودکار موجب می‌گردد که دامنه کاربرد پذیری این سیستم‌ها مورد شک واقع شود.

ب) رویکرد فردی

بنای این رویکرد چنان فرض می‌شود که خطای انسانی بر اثر عدم تطابق میان توانایی‌های فردی و نیازمندی‌های مشکل بروز می‌کند. در نتیجه، انتخاب افراد با توانایی‌های مناسب و طراحی درست شغل را به عنوان روش پیشگیری از بروز خطا معرفی می‌کند.

ج) رویکرد سازمانی

این رویکرد بر این نکته توجه دارد که تصمیم‌های نادرست مدیریت، شرایطی را پدید می‌آورد که زمینه بروز خطای انسانی را فراهم می‌کند. رویکرد سازمانی از دهه ۸۰ میلادی مورد توجه قرار گرفت. مدل پنیر سوییسی به خوبی بیانگر تأثیر سازمان بر بروز خطای انسانی است. این مدل با سیله ریزن

پیشنهاد شده است و برخی آن را مدل دومینوی مدرن می‌دانند. ریزن در این مدل نشان می‌دهد که خطای انسانی یک علت بی‌واسطه در بروز حادثه است. ولی همین علت خود معلول علل دیگر است. در این مدل، هریک از بخش‌هایی که می‌توانند مانع از بروز حادثه شود به شکل یک برش از پدیر سوئیسی می‌شوند. هر برش دارای حفراتی است که بیانگر نقص‌های موجود در آن بخش است. هر گاه این لایه‌ها به گونه‌ای قرار بگیرند که برخی از این حفره‌ها بتوانند در یک راستا قرار بگیرند راه بروز حادثه فراهم می‌شود.

ریزن خطاهایی که مربوط به اپراتور می‌شود، خطای فعال می‌نامند. هنگام بروز حادثه، نخستین موضوعی که توجه بررسی کننده را برمی‌انگیزد، همین خطا است ولی باید توجه داشت که خطاهای دیگری در سیستم وجود دارد که ممکن است سال‌ها به صورت نهفته باشند و تنها در ترکیب با یکی از خطاهای فعال بروز کنند. این خطاها خطای نهان نامیده می‌شوند. که در رأس همه آنها خطای سازمانی قرار گرفته است (مظلومی و محمدفام، ۱۳۹۳).

۱-۱۲- تکنیک‌های شناسایی خطای انسانی

تکنیک‌های شناسایی خطای انسانی برای پیش بینی خطای انسانی در سیستم‌های پیچیده و دینامیک به کار می‌روند. این تکنیک‌ها در پاسخ به بررسی خطاهای کاربران که منجر به فجایع بزرگی در صنایع شیمیایی و هسته‌ای شده بود، تهیه گردیدند. در حال حاضر این روش‌ها گسترش یافته و در صنایع مختلفی نظیر پتروشیمی، مرکز کنترل ترافیک هوایی، صنایع نظامی و تکنولوژی‌های اجتماعی استفاده شده است. این روش‌ها می‌تواند به صورت کمی و کیفی مطرح باشد (Islam et al, 2018⁴¹).

روش‌های عمده شناسایی خطای انسانی در جدول ۱-۱ بیان شده است. از این تکنیک‌ها می‌توان در شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی در مراحل طراحی، ساخت، بهره‌برداری و تعمیر نگهداری سیستم‌ها، همچنین وظایف شغلی استفاده کرد. خروجی این روش‌ها خطاهای بالقوه، احتمال بروز خطا، پیامدهای ناشی از بروز یک خطا و روش‌های کاهش و کنترل خطا می‌باشد. برخی از این روش‌ها مثل الگوی

خطای انسانی عمدتاً برای شناسایی و رده بندی خطاهای کاربر استفاده می‌شوند درحالی که برخی مانند تکنیک‌های تشخیص خطای انسانی برای شناسایی و پیش بینی خطا در یک سیستم جامع کاربرد دارند و بعضی از روش‌ها مثل تشخیص و کاهش خطای انسانی، احتمال عددی بروز یک خطا را مشخص می‌کنند^۹ (مظلومی و همکاران، ۱۳۸۹).

شاخص‌های مهم در رده بندی روش‌های ارزیابی خطای انسانی، میزان اعتبار روش، حساسیت روش در کشف خطاهای معتبر (قابل باور)، سریع بودن و آسان بودن کاربرد آن است. این تکنیک‌ها وابستگی زیادی به قضاوت تحلیلگر دارند. ممکن است تحلیلگران مختلفی که از یک روش برای شناسایی و ارزیابی خطا در یک وظیفه مشخص استفاده می‌کنند، پیش بینی و ارزیابی متفاوتی از خطاهای بالقوه آن وظیفه داشته باشند. حتی یک تحلیلگر ممکن است با استفاده از یک روش، ارزیابی برای موقعیت‌های مختلف (وظایف مختلف) تحلیل یکسانی نداشته باشد که این موضوع می‌تواند تا حدودی میزان اعتبار روش را تحت تاثیر قرار دهد. ^۹ (مظلومی و همکاران، ۱۳۸۹). می‌باشد روش‌های پرکاربرد در ارزیابی خطاهای انسانی در جدول ۱-۱ ارائه شده است.

جدول ۱-۱- روش‌های شناسایی خطاهای انسانی

روش	ابداع کننده	تکنیک
آنالیز خطاهای شناختی و قابلیت اطمینان برای می‌باشد.	Hollnagel (1998)	CREAM — Cognitive Reliability Error Analysis Method
تشخیص و کاهش خطاهای انسانی برای می‌باشد.	Williams (1986)	HEART — Human Error Assessment and Reduction Technique
ابزار شناسایی خطای انسانی در سیستم‌ها	Kirwan (1994)	HEIST — Human Error Identification In Systems Tool
الگوی خطای انسانی برای می‌باشد.	Marshall et al (2003)	HET — Human Error Template

Human Error HAZOP	Whalley (1988)	مطالعه خطر و قابلیت عملکرد
SHERPA - Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach	Embrey (1986)	رویکرد سیستماتیک پیش بینی و کاهش خطای انسانی
SPEAR - System for Predictive Error Analysis and Reduction	CCPS (1993)	سیستمی برای پیش بینی و آنالیز و کاهش خطای انسانی
TAFEI — Task Analysis For Error Identification	Baber & Stanton (1996)	آنالیز وظائف برای شناسایی خطای انسانی
THEA — Technique for Human Error Assessment	Pocock et al (2000)	تکنیک تشخیص خطای انسانی برای می باشد.
The HERA Framework (Human Error and Recovery Assessment)	Kirwan (1 998)	چهارچوب تخمین و بازیابی خطای انسانی
TRACer - Technique for the Retrospective and Predictive Analysis of Cognitive Errors in Air Traffic Control (ATC)	shorrock & Kirwan (2000)	روش آنالیز پیش بینانه خطاهای شناختی برای می باشد.

۱۳-۱- آنالیز وظائف شغلی (HTA^{۴۳}) و اهمیت آن در ارزیابی خطاهای انسانی

این تکنیک بر روی درک افراد از شغل برای دستیابی به اهداف که می تواند ناشی از اجرای برنامه های عملیاتی یا طرح و دستورالعمل هایی که برای رسیدن به اهداف تدوین شده اند، تکیه دارد ساختار این تجزیه به گونه ایست که شغل مورد نظر را به جزئیات لازم برای آن فعالیت تجزیه می سازد (تقسیم وظیفه به جزءهای کوچکتر).

هدف HTA مشخص نمودن فعالیت های گوناگونی است که مجموع آنها شغل را تشکیل می دهد.

میزان تجزیه یک شغل به اجزای کوچکتر به اهداف واکاوی بستگی دارد (Mandal et al, 2015⁴²).

⁴³Hierarchical task analysis

مفاهیم پایه HTA عبارتند از:

هدف: فعالیت‌های هدفمند در کار که فرد سعی در انجام آن و دستیابی به هدف دارد.
نقشه (طرح): بیان شرایطی که برای انجام عملیات ضروری است. طرح مشخص می‌سازد چه کاری چه می‌باشد و وقت انجام شود.

وظایف: شیوه اتخاذ شده برای دستیابی به هدف
عملیات: هر فعالیتی که باید برای دستیابی به هدف انجام شود.
در HTA از روش شماره گذاری خاصی استفاده می‌شود. هدف نهایی با عدد صفر مشخص می‌شود.
شماره گذاری زیرهدف‌های نهایی از ۱ شروع می‌شود. طرح‌های هر هدف نیز هدف شماره‌ای مشابه با آن زیرهدف به خود می‌گیرد.

واکاوی وظیفه می‌تواند به ۴ طریق عمده به ایمنی کمک کند
الف: در شناسایی خطرات در محیط کار برای می‌باشد.
ب: واکاوی وظیفه با هدف دستیابی به یک سطح معین از ایمنی سیستم از طریق دستیابی به طراحی مطلوب برای اپراتور انسانی

پ: ایجاد مبنایی برای واکاوی خطای انسانی در سیستم یا ارزیابی اعتماد پذیری انسانی
ت: کاربرد در بررسی حادثه برای تعیین اینکه چه چیزی اشتباه بوده و اقدامات پیشگیرانه کدامند^۹ (مظلومی و همکاران، ۱۳۸۹).

۱-۱۳-۱- تکنیک^{۴۴} Cream

روش تجزیه و تحلیل خطا با تاکید بر قابلیت اطمینان شناختی توسط اریک هلینگل در سال ۱۹۹۸ ارائه گردیده است. این روش جزو تکنیک‌های نسل دوم فرآیند ارزیابی قابلیت اطمینان انسان^{۴۵} بوده، از

^{۴۴}Cognitive Reliability Error Analysis Method

^{۴۵}HRA

یک پشتوانه نظری مشروح و از ویژگی تمرکز بر روی زمینه‌های شناختی رفتار انسانی برخوردار می‌باشد (Sun et al, 2012⁴³).

اهداف از استفاده از این روش:

- شناسایی کار، اعمال و یا وظایف در درون سیستم که ضرورتاً و یا اساساً بستگی به تفکر بشر دارد و در نتیجه به تغییرات سطح قابلیت اطمینان حساس هستند.
 - شناسایی شرایط محیطی که ممکن است این شناسایی به درستی انجام نشود و در نتیجه تعیین می‌باشد اقداماتی که ممکن است مانع خطر احتمالی شود کاهش می‌یابد.
 - تدوین یک ارزشیابی از ارزیابی‌های پیامد مختلف عملکرد انسان و اثر بر روی سیستم ایمنی که این را می‌توان به عنوان بخشی از ارزیابی ریسک احتمال استفاده کرد.
 - ارائه پیشنهادات در مورد شرایط ایجاد خطر که می‌تواند بهبود یابد و قابلیت اطمینان سیستم را افزایش دهد در حالیکه خطر کاهش یافته است.
- دو ورژن از روش Cream ارائه شده است:
- انجام تجزیه و تحلیل خطا با استفاده از روش اولیه Cream
 - انجام تجزیه و تحلیل خطا با استفاده از روش گسترده Cream (Marseguerra et al, 2006⁴⁴).
- ویژگی مشترک هر دو، توانایی شناسی اهمیت عملکرد انسانی در بستر ایجاد شده یک مدل کمکی جهت شناسایی و چهارچوب مرتبط با آن می‌باشد.

از مهم ترین مزیت‌های CREAM نسبت به دیگر تکنیک‌های ارزیابی خطای انسانی می‌توان به ساختار نظام مند این روش برای تعریف و کمی سازی خطاهای انسانی هم به صورت آینده نگر (پیش بینی خطای انسانی) و هم به صورت گذشته نگر (تجزیه و تحلیل رخدادها)، رویه‌های طبقه بندی شده (Classification Scheme)، مدل کنترلی شناختی بر حسب موقعیت (Contextual Control Model)

(Of Cognition) و تعریف علت خطاهای انسانی بر پایه عوامل مرتبط با انسان، فن آوری و میبانشدسازمان

یا همان مدل MTO (Man- Technology- Organization) را نام برد (هلینگل^{۴۶}، ۱۹۹۸).

فرآیند اجرای تجزیه و تحلیل خطا با استفاده از روش Cream به شرح زیر است:

الف: Cream اولیه

- ۱- تجزیه و تحلیل وظائف شغلی به روش HTA^{۴۷}
- ۲- ارزیابی شرایط کاری اثرگذار بر عملکرد (CPCs^{۴۸})
- ۳- تعیین کنترل‌های محتمل کاربر در شرایط مذکور تعیین احتمال خطای کلی (CFPt^{۴۹})

ب: Cream گسترده

- ۱- ارائه نیازهای شناختی متناسب با هر یک از وظائف شغلی
- ۲- شناسایی خطاهای احتمالی بر هر یک از وظائف شغلی
- ۳- برآورد احتمالی خطای شناختی (CFPi^{۵۰}) (مظلومی و همکاران، ۱۳۸۹).

۱-۱۴- رویکردهای مقابله با خطای انسانی می‌باشد

رویکردهای علمی برای کاهش خطای انسانی، پارادایمهای گوناگونی را پشت سر گذاشته است. میبانشد هر پارادایم، مدلهایی چند را در درون خود جای میدهد و تا اندازه‌ای در توصیف و کاهش خطای انسانی موثر واقع میشود ولی بعلت آنکه نتوانسته از بروز خطای انسانی در یک حد مطلوب جلوگیری کند پارادایم بعدی ظهور یافته است. این پارادایمها عبارتند از :

- رویکرد مهندسی

⁴⁶Hollnagel

⁴⁷Hierarchical Task Analysis

⁴⁸Common Performance Conditions

⁴⁹Cognitive FailureProbability total

⁵⁰Cognitive Failure Probability

- رویکرد فردی

- رویکرد شناختی

- رویکرد سازمانی

۱-۱۴-۱- رویکرد مهندسی

اساس این رویکرد بر این تفکر نهاده شده است که انسان، یک جزء غیر قابل اعتماد در یک سیستم است. این رویکرد پیشنهاد میکند که برای کاهش خطای انسانی بهتر است انسان از محیط کار حذف شود و به جای او از سیستمهای خودکار استفاده شود. همچنین، برای بالا بردن قابلیت اعتماد میباید پرسنل، لازم است محیط کار و تعاملهای مناسب طراحی شود. چنین پیشنهادهایی میتواند سودمند باشد ولی، باید توجه داشت قدرت سریع تصمیم گیری انسان در شرایط پیش بینی نشده، و نیز برخی مشکلات فنی در سیستمهای خودکار موجب میگردد که دامنه کاربرد پذیری این سیستمها مورد شک واقع شود (حاج حسینی، ۱۳۸۹).

۱-۱۴-۲- رویکرد فردی

بنای این رویکرد چنان فرض میشود که خطای انسانی بر اثر عدم تطابق میان تواناییهای فردی و نیازمندیهای مشکل بروز میکند. در نتیجه، انتخاب افراد با تواناییهای مناسب و طراحی درست شغل را بعنوان روش پیشگیری از بروز خطا معرفی میکند (حاج حسینی، ۱۳۸۹).

۱-۱۴-۳- رویکرد سازمانی

این رویکرد بر این نکته توجه دارد که تصمیمهای نادرست مدیریت، شرایطی را پدید میآورد که زمینه بروز خطای انسانی را فراهم میکند. رویکرد سازمانی از دهه ۸۰ میلادی مورد توجه قرار گرفت میباشد. مدل پنیر سویسی به خوبی بیانگر تاثیر سازمان بر بروز خطای انسانی است. این مدل بوسیله ریزن (reason) پیشنهاد شده است و برخی آن را مدل دومینوی مدرن میدانند. ریزن در این مدل نشان میدهد که خطای انسانی یک علت بی واسطه در بروز حادثه است. ولی همین علت خود معلول

علل دیگر است. در این مدل، هریک از بخشهایی که میتوانند مانع از بروز حادثه شود به شکل یک برش از پنیر سوئیسی میشوند. هر برش دارای حفراتی است که بیانگر نقص‌های موجود در آن بخش است. هر میبشدگاه این لایه‌ها بگونه‌ای قرار بگیرند که برخی از این حفره‌ها بتوانند در یک راستا قرار بگیرند راه بروز حادثه فراهم میشود^(Dekker, 2004⁴⁵).

نویسندگان مختلف سه لایه پیش از بروز حادثه را تا اندازه‌ای توصیف و تقسیم بندی کرده اند که در اینجا اشاره میشود.

❖ عمل نا ایمن

○ خطا، خطا در تصمیم گیری، خطا در اعمال مهارتی، خطا در ادراک

○ تخلف، (سرپیچی آگاهانه از دستورالعملها)

❖ پیش زمینه‌های اعمال نا ایمن برای می‌باشد.

○ نامناسب بودن توانایی‌های فرد، ذهنی، جسمی، فیزیولوژیک

○ نامناسب بودن فرد هنگام به اجرا درآوردن وظیفه، ناهماهنگی در کار تیمی، نداشتن آمادگی لازم

❖ نظارت نامناسب مدیریت میانی

○ نظارت ناکافی

○ اعمالیکه نامناسب طراحی شده اند

○ کوتاهی در رفع نارسایی‌های سیستم

○ غفلت^(Reason, 2000⁴⁷).

۱-۱۵- معرفی لوکوموتیو

به لحاظ تعریف، لوکوموتیو، ماشینی کشنده یا وسیله نقلیه ریلی است که واگن‌ها یا قطار به آن متصل می‌باشد می‌شوند و نیروی محرکه برای آن‌ها ایجاد می‌کند. برای می‌باشد.

لوکوموتیوها نیروی حرکتی خود را به دو طریق عمده به دست می‌آورند. یا با سوخت فسیلی (دیزل) یا مدبا جریان برق کار می‌کنند.

۱-۱۵-۱ طبقه بندی لوکوموتیوها

لوکوموتیو از نظر نوع کاربری به انواع زیر تقسیم می‌شود.

- ۱- باری : و با قابلیت قدرت و گشتاور زیاد جهت حمل قطارهای باری سنگین
- ۲- مسافری : با قابلیت سرعت و شتاب زیاد جهت حمل قطارهای مسافری .
- ۳- مانور : با قابلیت گشتاور راه انداز زیاد و جهت انجام عملیات مانور در محوطه‌های ایستگاه و گار
- ۴- چندمنظوره : با ویژگیهای حد وسط که بصورت منفرد و دوبله قابلیت حمل قطارهای باری و مسافری را هم دارند.

طبقه بندی لوکوموتیو از نظر نوع انرژی مصرفی و سیستم انتقال قدرت:

- لوکوموتیو بخاری
- لوکوموتیو دیزلی
- لوکوموتیو برقی
- لوکوموتیو توربینی
- لوکوموتیو هیبرید
- لوکوموتیو فیول سل^{۲۸} (حاله و همکاران، ۱۳۹۰).

طبقه بندی لوکوموتیو از نظر نوع آرایش محور:

لوکوموتیوها از نظر تعداد محور در هر بوژی و نوع محور کشنده یا غیر کشنده، انواع مختلف و با قابلیت‌های متفاوت می‌باشند.

لکوموتیو بخار : نیروی محرکه این نوع لکوموتیو بوسیله یک دستگاه ماشین بخار تامین می‌شود که با میبشد بخار داغ (سوپرهیت) و سیلندرهایی که فشار بخار داغ را به نیروی رانش برای تولید گشتاور حرکت تبدیل می‌کنند کار می‌کند و راندمانی در حدود ۶٪ تا ۱۲٪ دارند.

لکوموتیو دیزلی : با ابداع موتور دیزل و ساخت نخستین لکوموتیو دیزلی در سال ۱۹۳۴ در امریکا، لکوموتیوهای دیزلی بطور گسترده در اغلب راه آهنهای جهان جایگزین لکوموتیو بخار گردید و به عنوان اصلی ترین مولد قدرت و کشش راه آهن درآمد و امروز مدل‌های متنوعی از انواع لکوموتیوهای دیزلی بر حسب نوع موتور و نوع سیستم انتقال قدرت در جهان تولید و عرضه می‌شود راندمان کلی در این نوع لکوموتیو بین ۳۰ تا ۴۰ درصد می‌باشد که بجز لکوموتیوهای هیدروژنی از بقیه انواع لکوموتیوها بیشتر است. این لکوموتیوها مجهز به موتورهای دیزلی دوزمانه یا چهار زمانه جناقی شکل ۸ تا ۲۰ سیلندر و با قدرت hp 125 به ازای هر سیلندر در نوع معمولی و قدرت hp250 به ازای هر سیلندر در نوع توربوشارژی می‌باشند.

انواع لکوموتیوهای دیزلی

لکوموتیوهای دیزلی از لحاظ نوع موتور دیزل ممکن است دو زمانه و یا چهارزمانه باشد اما از لحاظ سیستم انتقال قدرت عمدتاً در سه نوع زیر تقسیم می‌شوند.

۱. دیزل مکانیک : سیستم انتقال قدرت بصورت مکانیکی همانند کامیونها می‌باشد. قدرت از موتور بوسیله کلاچ، گیربکس و میل گاردان به محور و چرخها منتقل می‌شود.

۲. دیزل هیدرولیک : در دو نوع با سیستم انتقال قدرت هیدرواستاتیک هیدرودینامیک : که نوع اول بیشتر مدر لکوموتیوهای مانوری و سبک مسافری و نوع دوم بیشتر در خودکشنده‌های سبک استفاده می‌شود.

هیدرواستاتیک : سیستم انتقال قدرت بوسیله کنور تور (مبدل گشتاور هیدرولیک) و گاردان و گیربکس انجام می‌شود.

هیدرودینامیک : سیستم انتقال قدرت بوسیله هیدروپمپ و آکومولاتور هیدرولیکی و هیدروموتور انجام می‌شود.

۳. دیزل الکتریک : سیستم انتقال قدرت از طریق تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی بوسیله ژنراتور و تبدیل مجدد از الکتریکی به مکانیکی در تراکشن موتور انجام می‌شود.

لکوموتیوهای دیزل الکتریک : در این نوع لکوموتیو قدرت مکانیکی موتور دیزل بوسیله ژنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل و سپس در تراکشن موتوهای نصب شده روی محورها مجدداً به انرژی مکانیکی تبدیل و بصورت گشتاور دورانی به چرخها منتقل می‌شوند.

لکوموتیوهای الکتریکی برقی : این نوع لکوموتیو که در اغلب راه آهنهای مدرن باری و مسافری مورد استفاده قرار می‌گیرد، قدرت مورد نیاز برای تولید نیرو محرکه از طریقیک شبکه انتقال بالاسری و یا ریل سوم از طریق شبکه مولد الکتریسیته خارج از لکوموتیو تامین می‌شود و بر حسب میزان ولتاژ و فرکانس انواع مختلف و متنوعی دارند. راندمان کلی در این لکوموتیو با احتساب اتلافات نیروگاه مولد میباشد الکتریسیته بین ۲۰ تا ۲۵ درصد می‌باشد.

لکوموتیوهای توربینی (توربوترن) : این نوع لکوموتیو، در صنایع هواپیمایی و هوانوردی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

لکوموتیوهای دیزلی با سیستم انتقال قدرت مکانیکی :

در این نوع لکوموتیو، قدرت تولیدی موتور همانند سیستم قدرت در کامیونها، از طریق گیر بکس و گاردان به چرخها منتقل می‌شود و بیشتر در لکوموتیوهای دیزلی نسل اول کاربرد داشت و امروزه بیشتر در لکوموتیوهای دیزلی سبک که عمدتاً در عملیات مانور و یا خطوط فرعی محلی سیر می‌کنند استفاده

می‌شود. همانند لکوموتیوهای داونپورت آلمانی که به تعداد محدود در راه آهن ایران به عنوان لکوموتیو مانوری در کارخانجات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

لوکوموتیو معادل: یک لکوموتیو مجازی می‌باشد که جهت سنجش ناوگان کشش و مقایسه عملکرد آن در طی دوره‌های مختلف و یا با سایر ناوگان کشش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

لوکوموتیو سرباره: لوکوموتیو سرباره به واحد ماشین ریلی گفته می‌شود که رأساً فاقد مولد قدرت بوده و در مواقع شروع حرکت و سیر در فرازهای تند که ضریب گیرداری لکوموتیو به جهت تجزیه وزن کاهش می‌یابد و استفاده از کل قدرت لکوموتیو در چرخهای خودش مقدور نمی‌باشد. از یک لکوموتیو اسقاط که صرفاً تراکشن موتورهای آن سالم می‌باشد و یا حتی از واگنهایی که محورهای آن مجهز به تراکشن می‌باشند در پشت لکوموتیو اصلی قرار می‌گیرد و از قدرت مازاد لکوموتیو اصلی برای کشش استفاده می‌کند.

لوکوموتیو تقویت: این لکوموتیو همانند یک لکوموتیو کامل بدون کابین هدایت می‌باشد و صرفاً به صورت دوبله با لکوموتیوهای کابین دار مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای مسیرهایی که همواره از لکوموتیو دوبله استفاده می‌کنند.

لوکوموتیوهای دیزل الکتریک که نیروی اصلی کشش در راه آهن را تشکیل می‌دهند انتقال قدرت در آنها از موتور به چرخها به وسیله جریان برق انجام می‌شود^{۲۸} (حاله و همکاران، ۱۳۹۰).

۱-۱۵-۱- اهمیت حوادث در صنایع ریلی

صنعت حمل و نقل در هر کشوری نشان دهنده میزان توسعه و تنظیم کننده آهنگ حرکتی است که آن کشور در مسیر پیشرفت پیش رو دارد. حمل و نقل ریلی به لحاظ خصوصیات منحصر به فرد خود در مقایسه با سایر شقوق حمل و نقل از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در این بین، ایمنی یکی از مهم ترین

مسائلی است که با توجه به رشد و توسعه روزافزون این صنعت، همواره مورد توجه بوده است. چرا که این صنعت همواره تحت تأثیر حوادث زیادی قرار داشته و دارد که بروز این سوانح باعث مرگ یا معلولیت تعداد زیادی از افراد می‌شود (بردبار و همکاران، ۱۳۹۴).

بطور کلی در راه آهن، هر پیش آمدی که موجب توقف، چرخش روزانه و برنامه تنظیمی قطارها شود، از جزئی ترین آنها مثل خارج شدن یک دستگاه واگن از خط تا برخورد قطار را حادثه می‌نامند. و چنانچه در این حوادث، فرد یا افرادی دچار جراحت، نقص عضو و یا فوت کردند، آنرا "سانحه" خوانند که به اصطلاح "سوانح ریلی" نامیده می‌شوند)

بررسی سوانح مهم ریلی در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که از مهم ترین مولفه‌های موثر بر حوادث ریلی، اپراتور لوکوموتیو است)

از مهم ترین حوادث ریلی جهان می‌توان به حادثه قطار کوئین آو دِ سی لاین سریلانکا (۲۰۰۴) با ۱۷۰۰ نفر کشته، حادثه بیهار هند (۱۹۸۱) با ۷۵۰ کشته، حادثه قطار کوبیشف روسیه (۱۹۸۹) با ۵۷۵ کشته، حادثه قطار آدیس آبابا جیبوتی (۱۹۸۵) با ۴۲۸ کشته و حادثه خط آهن ملی مصر (۲۰۰۲) با ۳۸۳ کشته اشاره کرد.

در ایران نیز از مهم ترین حوادث ریلی رخ داده می‌توان به حادثه قطار نیشابور (۱۳۸۲) با ۳۵۰ کشته و برخورد قطار در محور سمنان-دامغان (۱۳۹۵) با ۴۷ کشته اشاره کرد (آقابرداری و همکاران، ۱۳۹۷).

بر اساس آمار سامانه سوانح و حوادث حمل و نقل کشور طی بازه زمانی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸، بیش از ۱۵۰ حادثه در بخش حمل و نقل ریلی ایران رخ داده که در مجموع ۴۸ نفر کشته و ۶۰ نفر مجروح شده اند. تمامی این آمارها بیانگر اهمیت مطالعه بروز خطای انسانی توسط اپراتورهای لوکوموتیو در سامانه حمل و نقل ریلی ایران دارد.

فصل دوم (مروری بر پیشینه تحقیقات انجام شده)

۲-۱- مقدمه

هدف از این فصل مروری بر پیشینه تحقیقات انجام گرفته در زمینه موضوع مورد بررسی و طبقه‌بندی یافته‌های تحقیقات دیگر محققان در سطح دنیا و تعیین و شناسایی خلأهای تحقیقاتی است. این می‌باشد بررسی در دو حوزه تحقیقات داخل و خارج از کشور ارائه گردیده است و طبقه‌بندی تحقیقات انجام شده گذشته‌گان با رعایت ترتیب زمانی انجام گرفته است. موضوع کارایی در پژوهش‌های بسیاری و با استفاده از روش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته و در آنها از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای محاسبه کارایی استفاده شده است. تحقیقات مرتبط انجام شده در حداقل یک دهه اخیر مورد بررسی قرار گرفته و در پایان این فصل نیز تحلیل شکاف‌های تحقیقاتی که ضرورت اجرای تحقیقات بیشتر و خصوصاً تحقیق حاضر را ایجاب نموده بیان شده است

۲-۲- پیشینه‌ی تحقیق در ایران

- چالسرا و همکاران در سال ۱۳۹۴ تحقیقی با عنوان بررسی و ارائه راهکار در جهت افزایش ایمنی سیستم‌های قطار سبک شهری و مونوریل انجام دادند. در این تحقیق به بررسی خصوصیات سیستم‌های ایمنی قطارهای شهری در ایران و جهان، مرور پیشینه حوادث و تلفات آن پرداخته شد. تدوین دستورالعمل‌ها و ضوابط ویژه برای فراهم کردن شرایط مناسب ایمنی و امنیتی در ایستگاه‌ها و همچنین در داخل قطارها به عنوان مهم ترین راهکار ارائه گردید.

- بردبار و همکاران (۱۳۹۴) تحقیقی با عنوان شناسایی و اولویت بندی مولفه های موثر بر ارتقاء شایستگی ایمنی سرپرستان در صنعت ریلی کشور (مطالعه موردی: سازمان راه آهن شهرستان میبانشدیزد) انجام دادند. در این مطالعه با در نظر داشتن مدل شایستگی ایمنی، مولفه های این مدل از نظر میزان اهمیت آن‌ها به منظور کمک در کاهش سوانح و حوادث ریلی با توجه به نظر کارشناسان ایمنی صنعت ریلی رتبه بندی شده و مهم ترین مولفه‌ها در نهادینه سازی فرهنگ ایمنی، شناسایی شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از رویکرد تلفیقی خاکستری- فازی استفاده شد. مولفه مهارت های فنی برای

تکنسین های ایمنی صنعتی راه آهن در اولویت اول قرار گرفت، همچنین مولفه های رهبری، توانمند سازی و تفویض اختیار به ترتیب در اولویت های دوم و سوم اهمیت قرار گرفت.

- آقابرداری (۱۳۹۷) تحقیقی با عنوان تجزیه و تحلیل حوادث ریلی ایران انجام داد. در این تحقیق، ابعاد ایمنی راه آهن، با دسته بندی حوادث راه آهن بیشتر از جنبه حمل مسافر در اجزای تشکیل دهنده آن، در پنج دسته خط و زیر بناها، قطار و ناوگان، سیستمهای کنترلی و علائم و ارتباطات، عوامل انسانی و عوامل متفرقه به طور کلی بررسی شود و راهکارهایی برای افزایش ایمنی حمل و نقل ریلی ارائه شد.

- کیانی و محمدفام (۱۳۹۴) تحقیقی با عنوان بررسی شرایط کاری موثر بر عملکرد اپراتور (CPCs) و تعیین خطای کلی توسط تکنیک Cream فازی در یکی از مناطق عملیاتی شرکت انتقال گاز صورت دادند. برای انجام پژوهش در ابتدا به شناسایی مشاغل بحرانی پرداخته شد. سپس پرسشنامه ای برای ارزیابی شرایط موثر بر عملکرد تهیه و پس از فازی کردن آن با استفاده از روش اولیه Cream فازی شه کنترل های محتمل کاربر و احتمال کلی خطاهای شناختی برای مشاغل تهیه گردید. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق، با توجه به روش اولیه Cream فازی، عوامل CPCs مرتبط با بهبود اطمینان عملکرد شامل شرایط کار، زمان در دسترس برای انجام کار، قابلیت دسترسی به روش ها و برنامه ها می باشد که باعث ایجاد سبک کنترلی تاکتیکی می گردد. با توجه به نتایج حاصل در این مطالعه، هیچکدام از عوامل CPCs باعث کاهش عملکرد اطمینان اپراتور نمی شوند.

- محمدفام و همکاران (۱۳۹۴) تحقیقی با عنوان مطالعه خطاهای انسانی در عملیات مین زدایی با استفاده از تکنیک Cream صورت دادند. این تحقیق با استفاده از توانمندی های تکنیک Cream در چهار مرحله اصلی تجزیه و تحلیل وظائف، ارزیابی شرایط کاری اثرگذار بر وظائف، تعیین سبک های کنترلی و تخمین احتمال خطای شناختی کلی صورت گرفت. با استفاده از مدل رگرسیون خطی، همبستگی بین شرایط کاری و احتمال خطای کلی، شرایط موثر معنی دار تعیین گردید. نتایج تحقیق نشان داد، عملیات مین زدایی از ۱۸ وظیفه تشکیل شده است. بیشترین و کمترین احتمال خطای شناختی کل به ترتیب

مربوط به وظائف دسته شناسایی فنی با ۰.۰۰۹۹ و وظائف دسته کندوکاو با ۰.۰۰۳۱ بود. شرایط کاری، زمان در دسترس و تناسب سیستم‌های انسان و ماشین به عنوان موثرترین عوامل کاهنده عملکرد شناسایی شدند. از مجموع ۹ شرایط کاری اثرگذار بر عملکرد، ۶ شرایط کاری اثرگذار بر عملکرد دارای سطح معنی داری p value کوچکتر از 0.05 بود. در مجموع می‌توان با کاهش عوامل کاهنده عملکرد از جمله متناسب سازی زمان در دسترس، شرایط کاری، سیستم‌های انسان و ماشین و با افزایش عوامل بهبود دهنده از جمله افزایش همکاری و تعامل، انجام دو یا چند کار به کمتر از حد توان فردی، موجبات کاهش احتمال خطای انسانی را در عملیات مین زدایی فراهم آورد.

- حبیبی و همکاران (۱۳۹۰) تحقیقی با عنوان ارزیابی و مدیریت خطاهای انسانی در اپراتورهای اتاق کنترل پالایشگاه نفت اصفهان با استفاده از روش SHERPA صورت دادند. در این مطالعه پس از جمع آوری اطلاعات با استفاده از روش مشاهده وظائف و مصاحبه با مسئولین ایمنی و سرپرستان واحد و شیفت و اپراتورها انجام شد و ۸ وظیفه بحرانی تعیین گردید. سپس تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی HTA وظائف بحرانی صورت گرفت. در نهایت خطاهای انسانی هر یک از وظائف بحرانی با روش SHERPA شناسایی شد. با تجزیه و تحلیل برگه‌های کاری، ۱۹۸ خطای انسانی شناسایی شد. از این تعداد ۱۳۴ خطا (۶۷.۶۴٪) از نوع عملکردی، ۲۳ خطا (۱۱.۶۱٪)، چک کردنی ۱۱ خطا (۵.۶٪)، ارتباطی ۲۴ خطا (۱۲.۱۲٪) و بازگشتی ۶ خطا (۳.۰۳٪) انتخابی طبقه بندی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که روش SHERPA می‌تواند به عنوان یک روش موثر جهت شناسایی خطاهای انسانی در اتاق کنترل واحدهای حساس پالایشگاه نفت مورد استفاده قرار گیرد.

- عدل و جهانگیری (۱۳۸۳) تحقیقی با عنوان تجزیه و تحلیل خطاهای انسانی قابل پیش بینی در فرآیند صدور پروانه کار پالایشگاه تهران صورت دادند.

در این مطالعه ابتدا وظایف شغلی فرایند صدور پروانه کار پالایشگاه تهران با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (*H.T.A-Hierarchical Task Analysis*) مورد تجزیه و تحلیل قرار تحلیل‌لقرار

گرفت و مهمترین وظایف شغلی تحت عناوین بازدید از محل انجام کار تکمیل قسمت ”شرایط مورد بازرسی“ در پروانه کار جهت حصول اطمینان از آماده و ایمن بودن آن، نوشتن خطرات قابل پیش بینی در پروانه کار، نظارت بر انجام آزمایش گازهای قابل اشتعال و سمی و ثبت نتایج آنر پروانه کار، مشخص کردن تجهیزات حفاظتی میباشد و اقدامات احتیاطی مورد نیاز جهت انجام کار پروانه کار و تحویل آن به مسئول اجرای کار به عنوان مهمترین وظایف شغلی شناسایی شدند. برای پیش بینی و تجزیه و تحلیل خطاهای انسانی در هر کدام از وظایف شغلی فوق از روش *PHEA(Predictive Human Error Analysis)* استفاده شد. مهمترین خطاهای انسانی پیش بینی شده در برگه های کار عبارتند از عدم بازرسی از محل انجام کار جهت حصول اطمینان از آماده و ایمن بودن آن برای انجام کار، عدم شناسایی دقیق تجهیزات و قسمت های مختلف واحد، تاخیر در شروع کار پس از صدور پروانه کار، عدم دقت هنگام تست گازهای سمی و قابل اشتعال و اشتباه در ثبت نتایج آن در پروانه کار، توصیه تجهیزات حفاظتی کمتر یا بیشتر از حد لازم و امضاء پروانه کار بدون بازدید از محل انجام کار به پیامدهای یکنظر آتشسوزی، آماده نبودن تجهیزات برای تعمیرات، صدمه به تجهیزات و پرسنل تعمیراتی به دنبال خواهد داشت.

- علیرغم عدم وجود سیستم ثبت و ضبط خطاهای انسانی و حوادث ناشی از آنها در پالایشگاه به نظر می رسد برخی حوادث رخ داده در پالایشگاه تهران ناشی از خطاهای شناسایی شده فوق بوده و همواره احتمال وقوع آنها وجود دارد بنابر این لازم است علاوه بر بررسی علل به وجود آورنده این خطاها، با استفاده از راهکارهای کنترلی مناسب در جهت پیشگیری، کاهش و یا محدود کردن پیامدهای ناشی از آنها اقدامات لازم به عمل آید. برخی از مهمترین راهکارهای کنترلی پیشنهاد شده برای دستیابی به این هدف عبارتند از : تغییر در ساختار ف رم پروانه کار، برچسب گذاری اضح دستگاهها، بازنگری و تدوین دستورالعملهای انجام صحیح کار، آموزش، نظارت، وضع مقررات و می باشد.

- مظلومی و همکاران (۱۳۸۹) تحقیقی با عنوان مطالعه خطاهای انسانی در یکی از اتاق‌های کنترل صنایع پتروشیمی توسط تکنیک Cream با رویکرد ارگونومی شناختی صورت دادند. در این مطالعه ابتدا با روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی شغلی HTA وظائف شغلی تحلیل گشته و سپس با استفاده از روش اولیه و گسترده Cream، کنترل‌های محتمل کاربر و خطاهای احتمالی شناختی برای وظائف شغلی تحلیل شده تعیین گردید. بر اساس نتایج روش اولیه Cream، برای وظائف اقدام، بردمن و سرپرست نوبت کار، نوع سبک کنترلی لحظه‌ای و برای وظیفه نوبت کار ارشد میباشد اتاق کنترل، نوع سبک کنترلی تاکتیکی تعیین گردید و بر اساس نتایج روش گسترده، از تعداد کل خطاهای شناسایی شده خطای اجرا (۵۱.۷۰٪)، خطای تفسیر (۱۹.۵۵)، خطای برنامه ریزی (۱۴.۹۴) و خطای مشاهده (۱۳.۸۱٪) بدست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین خطای شناختی شامل خطای اجرا و مهمترین فعالیت‌های شناختی مرتبط با فرآیند کنترلی در این اتاق کنترل، فعالیت ارتباط، اجرا، تشخیص، پایش، برنامه ریزی بوده که با توجه به تهیه و تدوین دستورالعمل‌های کاری، برگزاری دوره‌های آموزشی، برنامه نوبت کاری و بهینه سازی سامانه ارتباطی و ایجاد تغییرات لازم در نرم افزار کنترلی، ضروری می‌باشد.

- محمدفام و همکاران (۱۳۹۳) تحقیقی با عنوان شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی پرستاران بخش مراقبت‌های ویژه قلب با استفاده از تکنیک Cream صورت دادند. در این مطالعه پس میباشد از آنالیز سلسله مراتبی وظائف پرستاری، برگه کار تکنیک Cream از طریق مشاهده و مصاحبه با پرستاران و بررسی اسناد مرتبط تکمیل گردید. اطلاعات بدست آمده با استفاده از نرم افزار spss مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که بیشترین احتمال وقوع خطا در وظائف، تنظیم و بکارگیری DC شوک در موارد ضروری، ثبت داده در سیستم جامع بیمارستانی، اعلام کد و شروع اقدامات احیاء قلب و ریه به ترتیب با میزان احتمال کلی ۰.۰۲۱۰۸، ۰.۰۲۰۸۸ و ۰.۰۲۰۸۶ وجود دارد. کمترین احتمال وقوع خطا نیز در وظائف تعیین نیازهای تغذیه‌ای و رژیم غذایی، گاوژ و انجام مراقبت‌های لازم و دادن داروهای خوراکی به ترتیب با میزان احتمال کلی ۰.۰۱۱، ۰.۰۱۰۱ و ۰.۰۰۹۶ دبود. اصلاح شیفت کاری پرستاران،

ارائه برنامه‌های آموزشی کاربردی و مداوم و همچنین کاهش وظائف اضافی از مهم ترین راهکارهای پیشنهادی در بهبود شرایط موجود و در نتیجه کاهش نرخ خطاهای انسانی بود. برای می‌باشد. جهانگیری و همکاران (۱۳۸۷)، به بررسی ارتباط بین درک ریسک، دانش و نگرش کارکنان بر روی استفاده کارکنان از تجهیزات حفاظت فردی، مطالعه‌ای انجام دادند. این تحقیق بر روی کارگران صنایع پتروشیمی و صرفاً در مورد تجهیزات شنوایی صورت گرفت. نتایج نشان داد که مهمترین دلیل عدم استفاده کارکنان از این تجهیزات، به ترتیب عبارت بودند از: راحت نبودن تجهیزات، نشنیدن اصوات در هنگام استفاده از این تجهیزات، عرق کردن و خارش گوش. در این مطالعه همچنین ارتباط بین میزان استفاده از تجهیزات حفاظتی با درک ریسک معنادار بود.

۲-۳- پیشینه‌ی تحقیق در جهان

- هلینگل در سال ۱۹۹۸ کتابی با عنوان روش تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان شناختی و خطا (Cream) ارائه داد. این کتاب جزئیات استفاده از روش Cream ارائه شد. در این کتاب طبقه بندی انواع خطا که ادغام عوامل فردی، تکنولوژیکی و سازمانی بود بر اساس اصول مهندسی شناختی میباشد ترسیم گردید. در مجموع بنیه تئوریک لازم بصورت گام به گام توصیف شد. Cream را می‌توان به عنوان یک تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان انسان و رویکرد نسل دوم^{۵۱} در ارزیابی ایمنی احتمالاتی به عنوان یک روش مستقل برای تجزیه و تحلیل حادثه و به عنوان بخشی از یک روش طراحی بزرگتر برای سیستم‌های تعاملی استفاده نمود.

- ژیا و همکاران^{۵۲} (۲۰۱۲) تحقیقی با عنوان تجزیه و تحلیل علت و اقدامات متقابل حادثه فراری لوکوموتیو بر اساس روش تجزیه و تحلیل درخت گسل انجام دادند. در این تحقیق با استفاده از روش آنالیز درخت خطا (FTA)، دلایل وقوع یک حادثه لوکوموتیو در راه آهن شهری بنام Xihe مورد بررسی قرار گرفت. با تجزیه و تحلیل علت وقایع، حداقل مجموعه مسیرها بدست می‌باشد آمده و ترتیب اهمیت

⁵¹Human Reliability Analysis

⁵²Xia et al

ساختار نیز بدست آمد. از طریق تجزیه و تحلیل فوق، دلایل این حادثه به طور سیستماتیک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و اقدامات متقابل ایمنی مربوطه ارائه شد.

- Schemeleva, و همکاران در سال ۲۰۱۲ تحقیقی با عنوان محاسبه خطاهای احتمالی انسانی برای شبیه سازی سیستم تولید با استفاده از روش Cream صورت دادند. این مطالعه نشان داد که استفاده از روش Cream در مونتاژ کتابچه راهنمای کاربر از طریق مجوز کارشناسان این تکنیک، اثرات و نقص‌های برجسته شناختی در نشر را کاهش می‌دهد.

- فابیو و همکاران (۲۰۱۲) تحقیقی با عنوان بررسی اجمالی روش‌های ارزیابی خطاهای انسانی صورت دادند. این مقاله شامل بررسی قابلیت اطمینان انسان و تجزیه و تحلیل HRA و تحولات از ریشه عوامل بروز، بود. هدف از این تحقیق بررسی در تحولات متد بود و نه یک دگزارش کاربردی. در این تحقیق روش‌های مختلف و قابلیت دسترسی و کارایی آنها مورد بررسی قرار گرفت. دیتر در سال ۲۰۱۲ تحقیقی با عنوان ارزیابی خطای انسانی در سلامت، استفاده از روش قابلیت اطمینان شناختی تجزیه و تحلیل خطا (CREAM) در یک بیمارستان صورت داد. این پژوهش به تجزیه و تحلیل وقایع حالات خطا شناسایی شده توسط اعضای تیم بیمارستان با استفاده از روش RCA صورت گرفت. اعضای تیم یک روایت کتبی از مشاهدات خود از تحلیل خطاها را ارائه نمودند و سه تحلیل گر مستقل در تلاش برای محاسبه توافق ارزیابی بینابینی انتخاب شدند. نتایج نشان داد یک شکاف در دسته علت و معلول خطاها وجود دارد. این نتایج ارتباط بین تحلیل عوامل ریشه‌ای و وقوع وقایع را در بیمارستان تایید نمود.

- Van Copans و همکاران (۲۰۱۳) تحقیقی در خصوص ارزیابی عملکرد کارکنان در خطاهای انسانی در یک شرکت لوله سازی در هلند انجام دادند. در این تحقیق از روش پرسشنامه نقطه‌ای استفاده گردید. سپس میزان اطلاعات کارکنان از خطاهای انسانی در محیط کار مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این تحقیق که در یک بازه زمانی ۱ ماهه انجام شد، نشان داد که افزایش اطلاعات کارکنان از

خطرات انسانی در محیط کار، منجر به کاهش ۲۳ درصدی تعداد و کاهش ۴۰ درصدی شدت حوادث در سال بعد از آن گردید.

فصل سوم (روش تحقیق)

۳-۱-مقدمه

روش تحقیق مجموعه‌ای از قواعد، ابزار و راه‌های معتبر (قابل اطمینان) و نظام یافته برای بررسی واقعیت‌ها، کشف مجهولات و دستیابی به راه حل مشکلات است. منظور از روش تحقیق، پیروی از رویه منظم و سیستماتیکی است که در جریان استفاده از روشهای آماری و مرتبط ساختن عوامل موضوع تحقیق، بایستی رعایت گردد. در واقع روش تحقیق شامل اندازه‌گیری، طبقه‌بندی، ارزیابی و مقایسه عوامل، بر اساس اصول و موازین علمی پذیرفته شده برای حل مشکلات و مسائل می‌باشد. به طور کلی روش انجام تحقیق به هدف ما، ماهیت موضوع تحقیق، حدود و حوزه مورد مطالعه بستگی دارد. انتخاب روش تحقیق بستگی به ماهیت موضوع، اهداف تحقیق، فرضیه‌های تدوین شده، و وسعت امکانات اجرایی آن دارد. لذا محقق برای دستیابی به هدف‌های مورد نظر بایستی با انتخاب روش مناسب به جمع‌آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل داده‌های بپردازد.

۳-۲-روش تحقیق

این تحقیق از نوع کاربردی بوده و با هدف مطالعه خطاهای انسانی اپراتور لوکوموتیو بر اساس تکنیک Cream گسترده در سال ۱۴۰۰ صورت گرفت. فاز مطالعاتی شامل پژوهش‌های کتابخانه‌ای در میبانشد خصوص تکنیک Cream و فرآیندهای اجرایی برای اپراتور لوکوموتیو می‌باشد. سپس کلیه فرآیندها و وظائف اجرایی اپراتور لوکوموتیو تشریح شد. آنالیز شغلی با استفاده از روش HTA^{۵۳} انجام شد. ذیلاً فرآیند تحقیق تشریح شده است.

۳-۲-۱-فاز مطالعاتی تحقیق

شامل گردآوری اطلاعات پایه درخصوص موضوع تحقیق، جستجو و مطالعه مقالات علمی داخلی و خارجی، کتب مختلف، مشورت با اساتید صاحب نظر در زمینه ارزیابی خطاهای انسانی و همچنین مراجعه به سایت‌های اینترنتی و آشنایی با تکنیک‌ها و روش‌های مورد استفاده، مطالعه طرح‌های پژوهشی انجام

⁵³ Hierarchical Task Analysis

شده مرتبط با موضوع در داخل و خارج از کشور، مراجعه و بازدید از لوکوموتیوهای میبشد شرکت پویانوین سبز و جمع‌آوری اطلاعات درخصوص فرآیندها، وظایف، پرسنل و ... به منظور شناسایی و درک زوایای مختلف کار و ایجاد یک چارچوب ذهنی از پروژه و بررسی شرایط برای شروع به کار است.

۳-۲-۲- تشریح فرآیندها و محدوده مورد مطالعه

در این گام از تحقیق، کلیه فرآیندهای عملیاتی مربوط به وظائف و زیروظائف اپراتور لوکوموتیو به منظور ترسیم یک چارچوب نظری برای درک وظائف شغلی مرتبط تشریح شد. همچنین محدوده مورد مطالعه نیز بطور مختصر تشریح گردید.

۳-۲-۳- آنالیز شغلی با استفاده از روش HTA

این فرآیند با تجزیه و تحلیل فعالیت‌های اجرایی شروع می‌شود. ساختار تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی به گونه‌ای است که شغل مورد نظر را به جزئیات و مرتبه‌های لازم برای انجام آن فعالیت تجزیه می‌شود. در واقع کار تجزیه و تحلیل به اینگونه آغاز می‌شود که هدف نهایی در نظر گرفته شده و جهت میباشد دستیابی به آن هدف، وظیفه به اجزاء کوچکتر تقسیم می‌شود.

۳-۲-۴- ارزیابی شرایط کاری اثرگذار بر عملکرد کاربر

پس از تجزیه و تحلیل وظائف شغلی، در این مرحله ویژگی‌های کلی هر وظیفه و شرایط کاری اثرگذار میبشد بر عملکرد، با استفاده از جدول CPCs ارائه شده در روش Cream مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و شرایطی که باعث بهبود و یا کاهش عملکرد و یا بی‌تاثیر در عملکرد هستند تعیین، تعداد کل آنها برای میبشد هر وظیفه محاسبه می‌گردند (جدول ۳-۱).

جدول ۳-۱- رابطه بین عوامل CPCs و سطح قابلیت اطمینان عملکرد

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توانمندی سازمان	خیلی کارآمد	بهبود
		کارآمد	بی تاثیر
		ناکارآمد	کاهش
۲	شرایط کار	عالی	بهبود
		متناسب	بی تاثیر
		نامتناسب	کاهش
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	عالی	بهبود
		کافی	بی تاثیر
		قابل تحمل	بی تاثیر
		نامناسب	کاهش
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	مناسب	بهبود
		قابل تحمل	بی تاثیر
		نامناسب	کاهش
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	کمتر از حد توان فردی	بی تاثیر
		متناسب با توان فردی	بی تاثیر
		بیشتر از حد توان فردی	کاهش
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
		ناکافی (بطور موقت)	بی تاثیر
		ناکافی (بطور دائم)	کاهش
۷	زمان انجام کار (ریتم سیرکادین)	شیفت کار (منظم)	بی تاثیر
		شیفت کار (نامنظم)	کاهش
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی (با تجربه بالا)	بهبود
		کافی (با تجربه محدود)	بی تاثیر
		ناکافی	کاهش
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	عالی	بهبود
		خوب	بی تاثیر
		ضعیف	بی تاثیر
		نبود همکاری	کاهش

جدول ۳-۲- تفسیر عوامل CPCs و سطح قابلیت اطمینان عملکرد

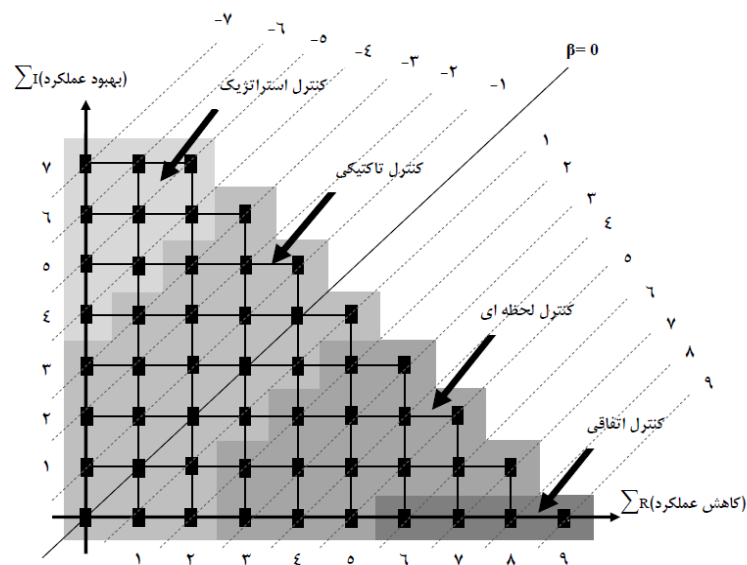
ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	تفسیر شرایط
۱	توانمندی سازمان	کیفیت نقش‌ها و مسئولیت‌هایی که کارکنان بر عهده دارند. حمایت‌های مستمر، سیستم‌های ارتباطی، سیستم مدیریت ایمنی، وجود دستورالعمل‌ها و راهنمایی‌ها برای انجام فعالیت‌ها و غیره
۲	شرایط کار	ماهیت شرایط فیزیکی کار از قبیل روشنایی محیط، درخشندگی سطح نمایشگرها، صدای ناشی از آلارم‌ها، اختلال در انجام وظائف و ... می‌باشد
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر می‌باشد	بطور کلی سطح مشترک انسان-ماشین، شامل اطلاعات قابل دسترس در کنترل پنل‌ها، وجود ایستگاه‌های کاری کامپیوتری شده و حمایت‌های عملیاتی که از طریق طراحی‌های ویژه ارائه می‌گردد.
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	وجود فرآیندها و برنامه‌ها شامل عملیات و فرآیندهای اضطراری، وجود الگوهای آشنا در پاسخ به مسائل و رخدادهای احتمالی، برنامه فرآیند و عملیات‌های جاری و غیرهمی‌باشد
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	تعداد وظائف و کارهایی که فرد بایستی بطور همزمان مورد توجه قرار داده و انجام دهد
۶	زمان در دسترس برای انجام کار می‌باشد	زمان در دسترس برای انجام یک وظیفه به بهترین شکل ممکن بطوریکه اجرای وظیفه منطبق با فرآیند دینامیک کار پیش رود می‌باشد
۷	زمان انجام کار (ریتم سیرکادین)	زمانی از روز یا شب که یک وظیفه انجام می‌شود به ویژه اینکه فرد با آن شرایط انطباق و سازگاری دارد یا نه
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	سطحی از کیفیت آموزش‌های تهیه شده برای اپراتورها جهت آشنایی با تکنولوژی‌های جدید، بازآموزی مهارت‌ها و غی و میزان تجربیات کاری پیشین می‌باشد
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	میزان و نحوه همکاری بین کارکنان شامل همپوشانی مابین ساختارهای اداری و عملیاتی

۳-۲-۵- تعیین کنترل‌های محتمل کاربر در شرایط مذکور تعیین احتمال خطای کلی

در این گام از روش Cream، تعداد کل فعالیت‌هایی که باعث بهبود عملکرد می‌شوند از تعداد کل فعالیت‌هایی که باعث کاهش عملکرد می‌شوند کسر شده $(\beta = \Sigma R - \Sigma I)$ و از عدد بدست آمده، برای

کنترل‌های محتمل کاربر در شرایط مذکور و از فرمول زیر برای تعیین احتمال خطای کلی استفاده می‌شود (هلینگل و همکاران ۱۹۹۸).

$$CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta}$$



تصویر ۳-۳- تعیین سبک‌های کنترلی از روی ضریب سبک کنترل (β) (Hamzeian, 2006)

جدول ۳-۳- محدوده ضریب سبک کنترلی

تفسیر سبک کنترلی	سبک کنترلی	ضریب سبک کنترلی
هر چه سطح کنترلی افزایش یابد (به سمت کنترل استراتژیک)، قابلیت عملکردی نیز افزایش پیدا می‌کند	استراتژیک	$0.5 \text{ E-}5 < p < 1.0 \text{ E-}2$
	تاکتیکی	$1.0 \text{ E-}3 < p < 1.0 \text{ E-}1$
	لحظه‌ای	$1.0 \text{ E-}2 < p < 0.5 \text{ E-}0$
	اتفاقی	$1.0 \text{ E-}1 < p < 1.0 \text{ E-}0$

مقدار β محاسبه شده، وضعیت سبک کنترلی را نشان می‌دهد که بر اساس جدول ۳-۳- استخراج

می‌شود.

۳-۲-۶- ارائه نیازهای شناختی متناسب با هر یک از وظائف شغلی

در این مرحله، نیازهای شناختی متناسب با هر یک از زیر وظیفه‌های شغلی به منظور ایجاد یک شناسنامه شناختی و تعیین خصوصیات شناختی و احتمال خطای شناختی مورد نیاز برای هر یک از وظائف شغلی، تعیین شدند. بدین منظور از جدول ۳-۴ استفاده گردید.

جدول ۳-۴- لیست فعالیت‌ها و نیازهای شناختی برای انجام وظیفه

فعالیت شناختی	شرح کلی
هماهنگی	قرار دادن وضعیت‌های سامانه برای انجام یک کار یا بخشی از کار - تخصیص یا انتخاب منابع به منظور آماده سازی کار/شغل تجهیزات و غیره
ارتباط	تبادل اطلاعات مورد نیاز برای عملیات سامانه بین افراد به صورت کلامی، مکانیکی و یا الکتریکی.
مقایسه	بررسی ویژگی‌های دو یا چند متغیر به منظور آشکارسازی شباهت‌ها و یا تفاوت‌ها
تشخیص	شناسایی یا تعیین ماهیت یا علت شرایط توسط تجزیه و تحلیل علائم، نشانه‌ها و یا از طریق به انجام رساندن یک سری آزمایشات
ارزشیابی	برآورد یا ارزیابی موقعیت‌های فرضی یا واقعی، بر اساس اطلاعات موجود (در دسترس) بدون نیاز به عملیات خاص. واژه‌های مشابه آن عبارتند از - بازرسی - و - چک کردن
اجرا	انجام یک برنامه یا کار از قبل تعیین شده. اجرا شامل فعالیت‌های باز و بسته کردن، شروع و پایان، تخلیه و پر کردن و ... می‌باشد.
شناسایی	شناسایی حالت سامانه یا زیر سامانه‌ها (اجزاء)
حفظ و نگهداری	حفظ یک عملیات ویژه (مانند عملیات تعمیر و نگهداری)
پایش	پیگیری مجموعه فعالیت‌ها و فرآیندها در حین کار سامانه
مشاهده	قرائت مقادیر ویژه یا کمیت‌های مرتبط با سامانه می‌باشد
برنامه ریزی	تدوین یا سازماندهی کردن مجموعه‌ای از اقدامات جهت دستیابی کامل به اهداف از پیش تعیین شده
ثبت	یادداشت کردن رخداد‌های مربوط به سامانه، مقادیر و غیره
تنظیم	تغییر سرعت یا جهت یک کنترل در سامانه به منظور حصول اطمینان از دستیابی به هدف مورد نظر
اسکن	بازنگری سریع نمایشگرها یا دیگر منابع اطلاعاتی
تایید و تصدیق	تایید صحت شرایط یک سامانه یا صحت مقادیر و اندازه‌های مربوطه، چه از طریق بازرسی یا انجام آزمایشات مرتبط

۳-۲-۷- شناسایی خطاهای احتمالی بر هر یک از وظائف شغلی

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 میباشد جدول ۳-۵ تعیین شد.

جدول ۳-۵- خطاهای بالقوه شناختی مرتبط با کارکردهای شناختی

نمره CFPO	نوع خطاهای شناختی	کارکردهای شناختی
۰.۰۰۱	01 مشاهده نادرست موارد	خطای مشاهده
۰.۰۰۵	02 شناسایی نادرست	
۰.۰۰۷	03 عدم مشاهده	
۰.۰۲	I1 تشخیص نادرست	خطای تفسیر
۰.۰۱	I2 خطای تصمیم گیری	
۰.۰۱	I3 تفسیر همراه با تاخیر	
۰.۰۱	P1 خطا در ترتیب انجام کار	خطای برنامه ریزی
۰.۰۱	P2 نقص در برنامه ریزی	
۰.۰۰۳	E1 نقص در نحوه اجرا	خطای اجرا
۰.۰۰۳	E2 زمان نادرست در اجرا	
۰.۰۰۰۵	E3 نقص در موارد مورد اجرا	
۰.۰۰۳	E4 نقص در توالی و ترتیب اجرا	
۰.۰۰۳	E5 عدم اجرا	

۸-۲-۳- برآورد احتمالی خطای شناختی (CFPi)

در گام آخر، با توجه به امتیازات به دست آمده از مراحل قبل و با استفاده از فرمول زیر، احتمال خطای شناختی برای هر یک از زیروظیفه ها (i) تعیین گردید.

$$CFPi = CFP. \times 10^{0.25PII}$$

$$PII = \sum_{i=1}^9 Pi$$

Pi برابر است با نمرات مربوط به هر یک از فاکتورهای CPCi

i=1-9 تعداد عوامل CPCs

PII برابر است با مجموع امتیازات CPCi

نتایج مربوط به روش اولیه Cream برای وظائف تعیین شده در جدول ۳-۶ ثبت می شود.

جدول ۳-۶- کاربرد مربوط به روش اولیه Cream برای وظائف تعیین شده

شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد (CPCs)	توصیف گرها	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد	شناخت تاثیر عملکرد (PII)
توانمندی سازمان			
شرایط کار			
متناسب بودن سامانه های انسان، ماشین و حمایت موثر			
قابلیت دسترسی به روش ها و برنامه ها			
انجام دو یا چند کار بطور همزمان			
زمان در دسترس برای انجام کار			
زمان انجام کار			
کیفیت آموزش های موجود و تجربیات کاری			
نحوه همکاری و تعامل بین همکاران			
جمع تعداد کل: = (کاهش عملکرد) ΣR = Σ(PII)=			
= (بهبود عملکرد) Σ I =			

جدول ۷-۳- کاربرد مربوط به روش اولیه Cream

وظائف	ضریب کنترل (β)	احتمال کلی خطای شناختی (GFPt)	سبک کنترلی

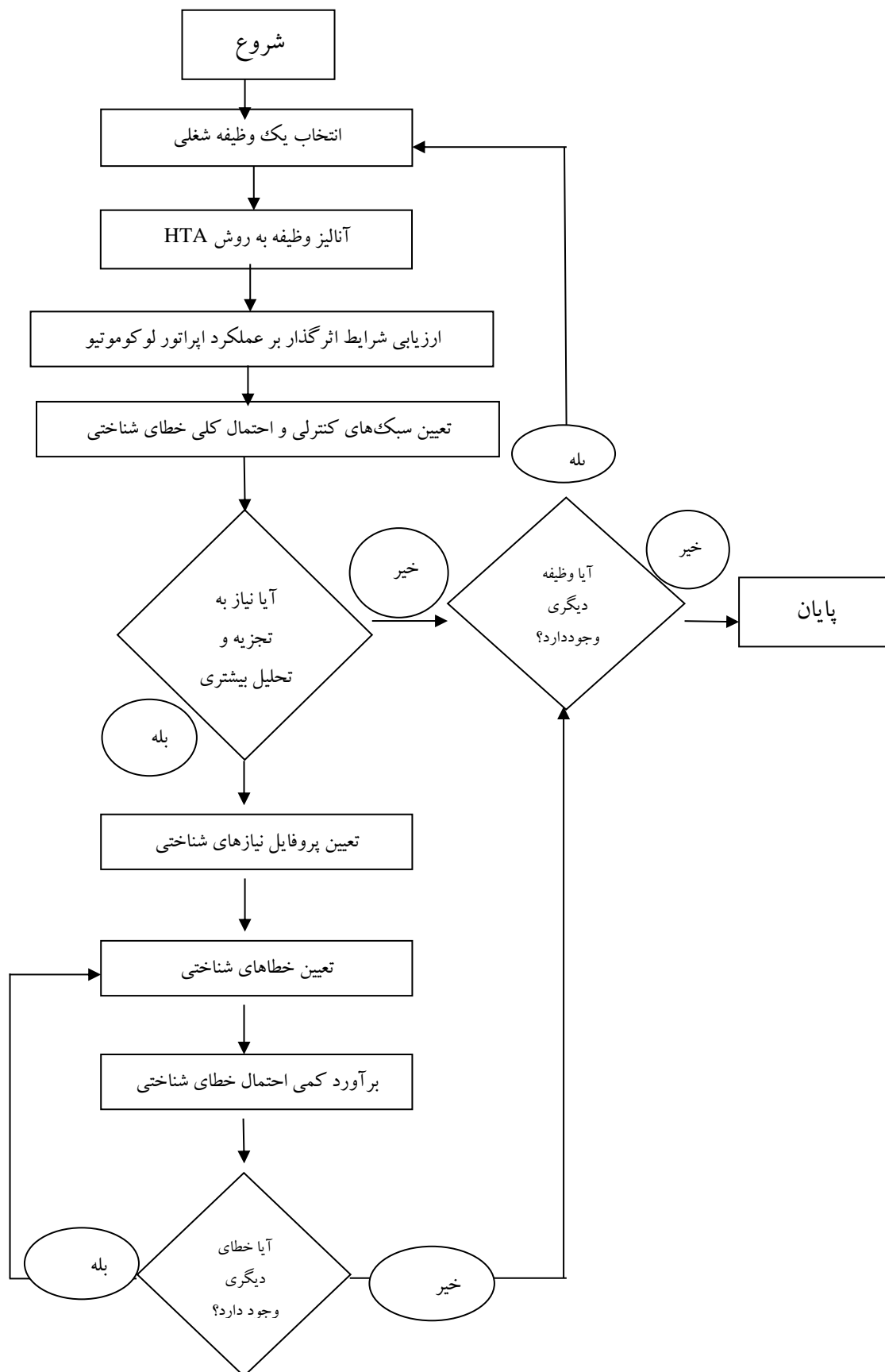
نتایج مربوط به روش Cream گسترده برای وظائف تعیین شده برای اپراتور اتاق کنترل نیروگاه در

جدول ۸-۳ ثبت می‌شود.

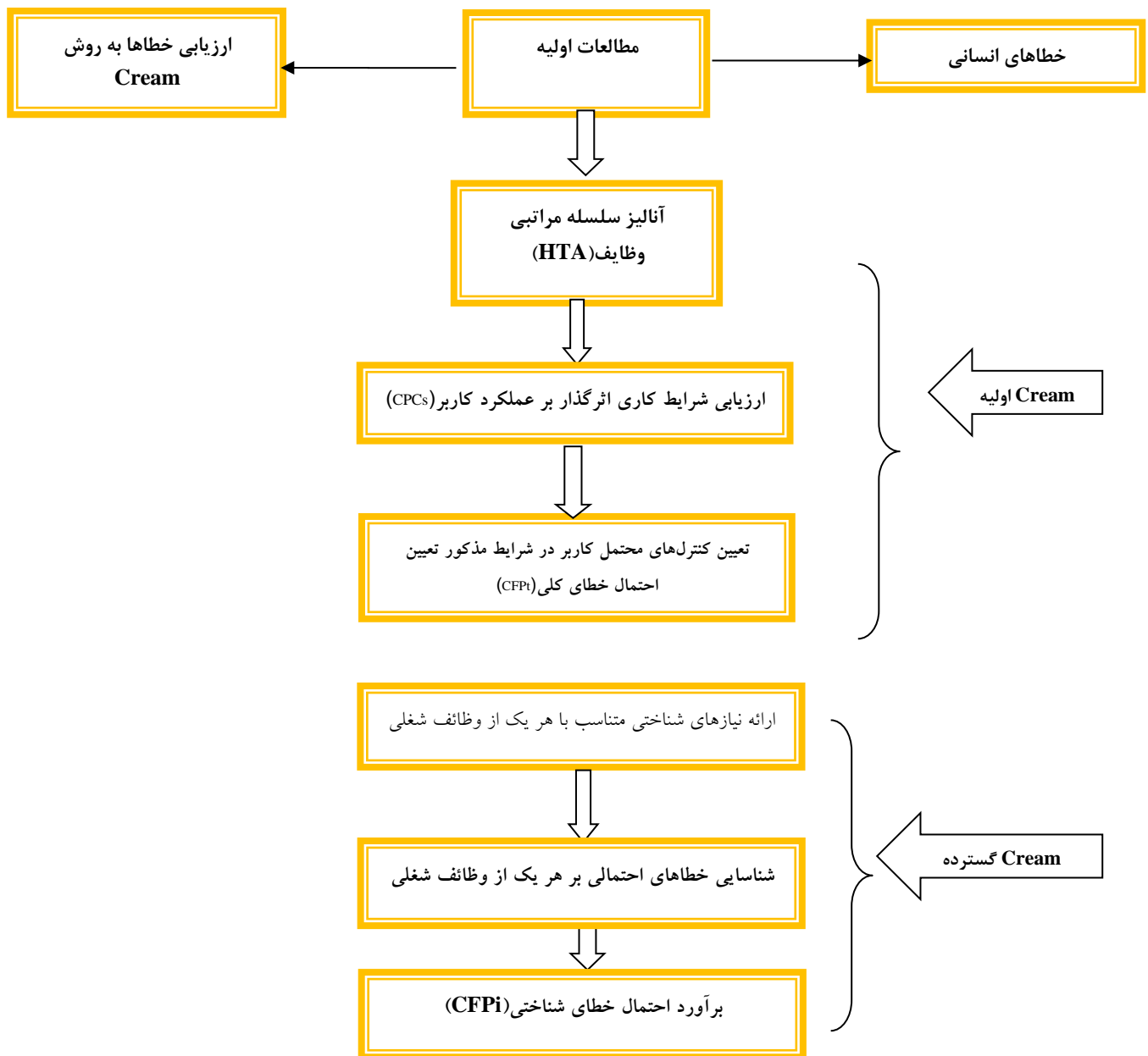
جدول ۸-۳- نتایج مربوط به روش Cream گسترده

وظیفه	زیرطبقه	نوع فعالیت شناختی	نوع کارکرد شناختی	نوع خطای شناختی	CFPO	CFPi
۱						
۲						
۳						
۴						
۵						
۶						

فرآیند انجام تکنیک Cream و فرآیند تحقیق کنونی در نمودارهای ۱-۳ و ۲-۳ نشان داده شده است.



نمودار ۳-۱- روش انجام تکنیک Cream



نمودار ۳-۲- فرآیند ارزیابی خطاهای انسانی به روش Cream در تحقیق کنونی

۳-۳- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

استفاده از نرم افزار excel برای ترسیم جداول، نمودارها و سایر آنالیزهای آماری

برای تعیین احتمال خطای کلی در تکنیک Cream از رابطه زیر استفاده شد:

$$CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta}$$

همچنین با استفاده از فرمول زیر، احتمال خطای شناختی برای هر یک از زیروظیفه ها (i) تعیین

گردید.

$$CFPi = CFP. \times 10^{0.25PII}$$

$$PII = \sum_{i=1}^9 Pi$$

Pi برابر است با نمرات مربوط به هر یک از فاکتورهای CPCi

i=1-9 تعداد عوامل CPCs

PII برابر است با مجموع امتیازات CPCi

۳-۴- جامعه و نمونه آماری تحقیق، متغیرهای مورد بررسی

جامعه آماری، شامل لوکوموتیوهای شرکت پویانوین سبز

نمونه آماری: اپراتورهای لوکوموتیوهای شرکت پویانوین سبز

جدول ۳-۹- متغیرهای مورد بررسی در قالب یک مدل مفهومی و شرح چگونگی بررسی و اندازه گیری متغیرها

عنوان متغیر	نوع متغیر	نحوه اندازه گیری	مقیاس
شرایط اثرگذار بر عملکرد اپراتور لوکوموتیو	مستقل - کمی گسسته	طبق چک لیست و مطابق شرح روش	قراردادی
کنترل‌های محتمل کاربر	مستقل - کمی گسسته	طبق چک لیست و مطابق شرح روش	قراردادی
میزان احتمالی خطای شناختی	وابسته - کمی گسسته	طبق فرمول محاسبه عدد ریسک و دستورالعمل	قراردادی

فصل چهارم: نتایج تحقیق

۴-۱-مقدمه

در این بخش نتایج حاصل از تحقیق ارائه شده است. این نتایج شامل تعیین وظائف و زیروظائف اصلی اپراتور لوکومتیو، ارزیابی خطاهای انسانی به روش‌های Cream اولیه و Cream گسترده می‌باشد. ذیلاً نتایج تحقیق ارائه شده است.

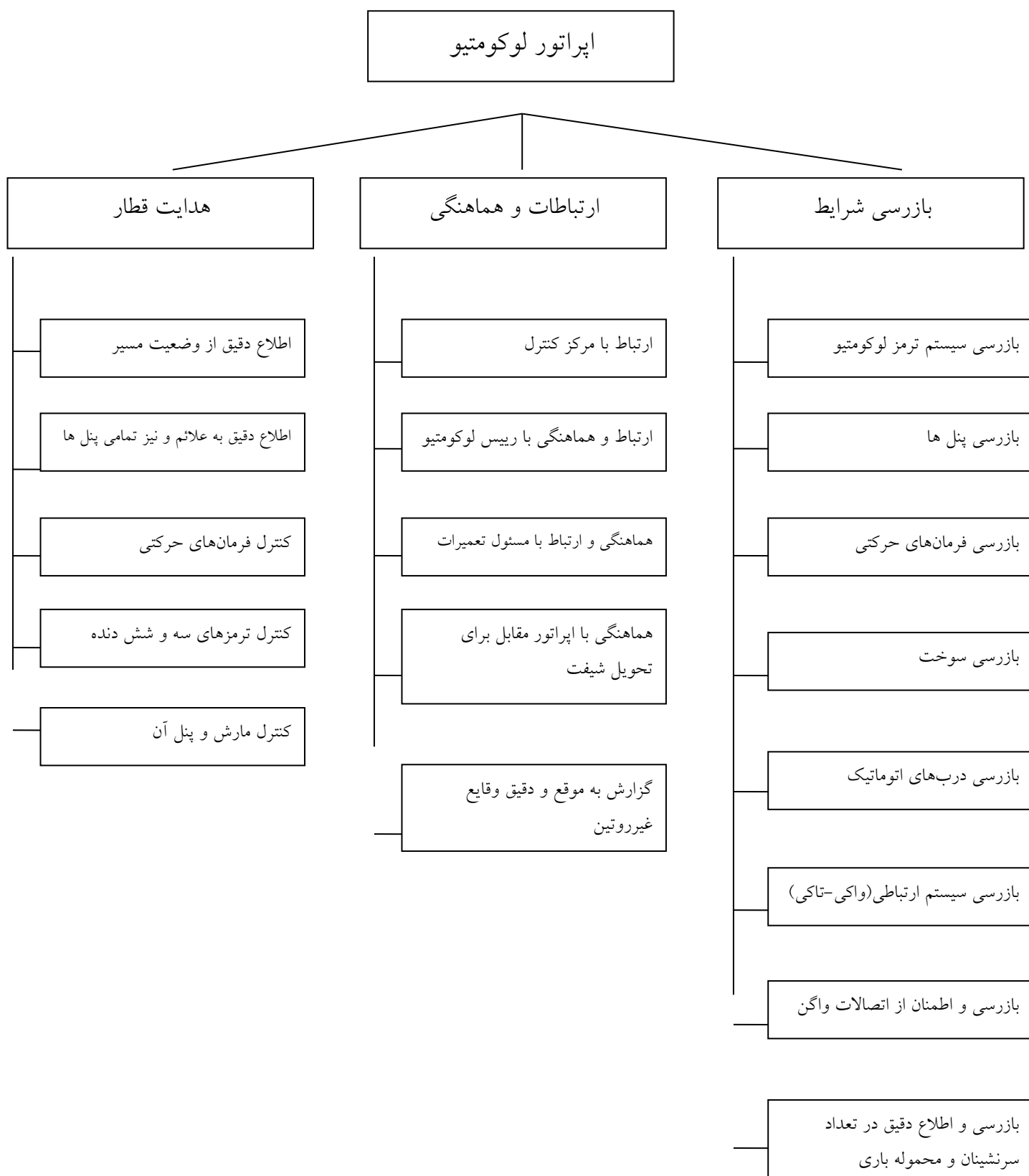
۴-۲-نتایج تحقیق

۴-۲-۱-شناسایی وظائف و زیروظائف اپراتور لوکوموتیو به روش HTA

وظائف و زیروظائف اپراتور لوکومتیو در جدول ۴-۱ و نمودار ۴-۱ ارائه شده است. این وظائف بر اساس سیستم کدهی و تجزیه وظائف در روش HTA شناسایی شده اند.

جدول ۴-۱-وظائف و زیروظائف اپراتور لوکومتیو

R1	بازرسی سیستم ترمز لوکومتیو	بازرسی شرایط
R2	بازرسی پنل ها	
R3	بازرسی فرمان های حرکتی	
R4	بازرسی سوخت	
R5	بازرسی درب های اتوماتیک	
R6	بازرسی سیستم ارتباطی (واکی-تاکی)	
R7	بازرسی و اطمینان از اتصالات واگن ها	
R8	بررسی و اطلاع دقیق در تعداد سرنشینان و محموله باری	
R9	ارتباط با مرکز کنترل	ارتباطات و هماهنگی
R10	ارتباط و هماهنگی با رییس لوکومتیو	
R11	هماهنگی و ارتباط با مسئول تعمیرات	
R12	هماهنگی با اپراتور مقابل برای تحویل شیفت	
R13	گزارش به موقع و دقیق وقایع غیرروتین	
R14	اطلاع دقیق از وضعیت مسیر	هدایت قطار
R15	اطلاع دقیق به علائم و نیز تمامی پنل ها	
R16	کنترل فرمان های حرکتی	
R17	کنترل ترمزهای سه و شش دنده	
R18	کنترل مارش و پنل آن	



نمودار ۴-۱- تجزیه وظایف و زیروظائف اپراتور لوکومتیو به روش HTA

۴-۲-۲- نتایج ارزیابی پتانسیل بروز خطاهای انسانی بر اساس روش Cream اولیه

بدین منظور، چک لیست‌های ارزیابی بروز خطاهای انسانی به روش Cream برای هر زیروظیفه تکمیل گردید. تکمیل چک لیست‌ها با استفاده از نظرات اپراتورها صورت گرفته است. نتایج تجزیه و تحلیل هر زیروظیفه در جداول ۴-۲ تا ۴-۱۹ ارائه شده است.

جدول ۴-۲- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی سیستم ترمز لوکوموتیو

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توانمندی سازمان	کارآمد	بی تاثیر
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	قابل تحمل	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	قابل تحمل	بی تاثیر
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار (ریتم سیرکادین)	شیفت کار (منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی (با تجربه محدود)	بی تاثیر
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	ضعیف	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -1$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.003149111$			

جدول ۴-۳- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی پنل ها

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توامندی سازمان	ناکارآمد	کاهش
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	نامناسب	کاهش
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	قابل تحمل	بی تاثیر
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	ناکافی	کاهش
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = 2$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.017708755$			

جدول ۴-۴- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی فرمان‌های حرکتی

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توامندی سازمان	کارآمد	بی تاثیر
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	قابل تحمل	بی تاثیر
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه محدود)	بی تاثیر
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -1$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.003149111$			

جدول ۴-۵- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی سوخت

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توامندی سازمان	خیلی کارآمد	بهبود
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	مناسب	بهبود
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه بالا)	بهبود
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -4$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.00056$			

جدول ۴-۶- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه‌بازرسی درب‌های اتوماتیک

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توانمندی سازمان	کارآمد	بی تاثیر
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	نامناسب	کاهش
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	قابل تحمل	بی تاثیر
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه محدود)	بی تاثیر
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = 0$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.0056$			

جدول ۴-۷- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی سیستم ارتباطی (واکی-)

تاکتی)

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توانمندی سازمان	کارآمد	بی تاثیر
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	قابل تحمل	بی تاثیر
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه بالا)	بی تاثیر
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	ضعیف	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -1$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.003149111$			

جدول ۴-۸- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بازرسی و اطمینان از اتصالات

واگنها

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توانمندی سازمان	خیلی کارآمد	بهبود
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	مناسب	بهبود
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه بالا)	بهبود
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -4$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.00056$			

جدول ۴-۹- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه بررسی و اطلاع دقیق در تعداد

سرنشینان و محموله باری

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توامندی سازمان	کارآمد	بی تاثیر
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	مناسب	بهبود
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه محدود)	بی تاثیر
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -2$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.001770875$			

جدول ۴-۱۰- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه‌های تباط با مرکز کنترل

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توانمندی سازمان	خیلی کارآمد	بهبود
۲	شرایط کار	عالی	بهبود
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	مناسب	بهبود
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار (ریتم سیرکادین)	شیفت کار (منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی (با تجربه بالا)	بهبود
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -5$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.000314911$			

جدول ۴-۱۱- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه ارتباط و هماهنگی با رییس

لوکومتیو

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توامندی سازمان	کارآمد	بی تاثیر
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	مناسب	بهبود
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه محدود)	بی تاثیر
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -2$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.001770875$			

جدول ۴-۱۲- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه هماهنگی و ارتباط با مسئول

تعمیرات

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توامندی سازمان	کارآمد	بی تاثیر
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	قابل تحمل	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	مناسب	بهبود
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	ناکافی(موقت)	بی تاثیر
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه بالا)	بهبود
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -2$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.001770875$			

جدول ۴-۱۳- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه هماهنگی با اپراتور مقابل برای

تحويل شیفت

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توامندی سازمان	کارآمد	بی تاثیر
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	قابل تحمل	بی تاثیر
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	ناکافی	کاهش
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه محدود)	بی تاثیر
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	ضعیف	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = 1$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.009958365$			

جدول ۴-۱۴- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه گزارش به موقع و دقیق وقایع

غیرروتین

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توامندی سازمان	ناکارآمد	کاهش
۲	شرایط کار	نامتناسب	کاهش
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	قابل تحمل	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	قابل تحمل	بی تاثیر
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	ناکافی(موقت)	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(نامنظم)	کاهش
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه محدود)	بی تاثیر
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	نبود همکاری	کاهش
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = 3$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.031491114$			

جدول ۴-۱۵- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه اطلاع دقیق از وضعیت مسیر

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توانمندی سازمان	کارآمد	بی تاثیر
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	قابل تحمل	بی تاثیر
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه بالا)	بهبود
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -2$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.001770875$			

جدول ۴-۱۶- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه اطلاع دقیق به علائم و نیز تمامی

پنل ها

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توامندی سازمان	کارآمد	بی تاثیر
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	قابل تحمل	بی تاثیر
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه بالا)	بهبود
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -2$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.001770875$			

جدول ۴-۱۷- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه کنترل فرمان‌های حرکتی

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توانمندی سازمان	بسیار کارآمد	بهبود
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	مناسب	بهبود
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه بالا)	بهبود
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -4$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.00056$			

جدول ۴-۱۸- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه کنترل ترمزهای سه و شش دنده.

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توانمندی سازمان	بسیار کارآمد	بهبود
۲	شرایط کار	متناسب	بی تاثیر
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	کافی	بی تاثیر
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	مناسب	بهبود
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه بالا)	بهبود
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = -4$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.00056$			

جدول ۴-۱۹- نتایج Cream اولیه برای خطاهای احتمالی مربوط به زیروظیفه کنترل مارش و پنل آن

ردیف	شرایط اثرگذار بر عملکرد فرد CPCs	شرح موارد/حدود	اثر مورد انتظار بر روی سطح قابلیت اطمینان عملکرد
۱	توانمندی سازمان	کارآمد	بی تاثیر
۲	شرایط کار	نامتناسب	کاهش
۳	متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر	نامناسب	کاهش
۴	قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها	قابل تحمل	بی تاثیر
۵	انجام دو یا چند کار بطور همزمان	متناسب با توان فردی	بی تاثیر
۶	زمان در دسترس برای انجام کار	کافی	بهبود
۷	زمان انجام کار(ریتیم سیرکادین)	شیفت کار(منظم)	بی تاثیر
۸	کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری	کافی(با تجربه محدود)	بی تاثیر
۹	نحوه همکاری و تعامل بین همکاران	خوب	بی تاثیر
$\beta = \Sigma R - \Sigma I$ $\beta = 1$ $CFPt = 0.0056 \times 10^{0.25\beta} = 0.009958365$			

۴-۲-۳- تجزیه و تحلیل مولفه‌های بروز خطای انسانی در روش Cream

۴-۲-۳-۱- بررسی توانمندی سازمان در وظائف اپراتور لوکومتیو

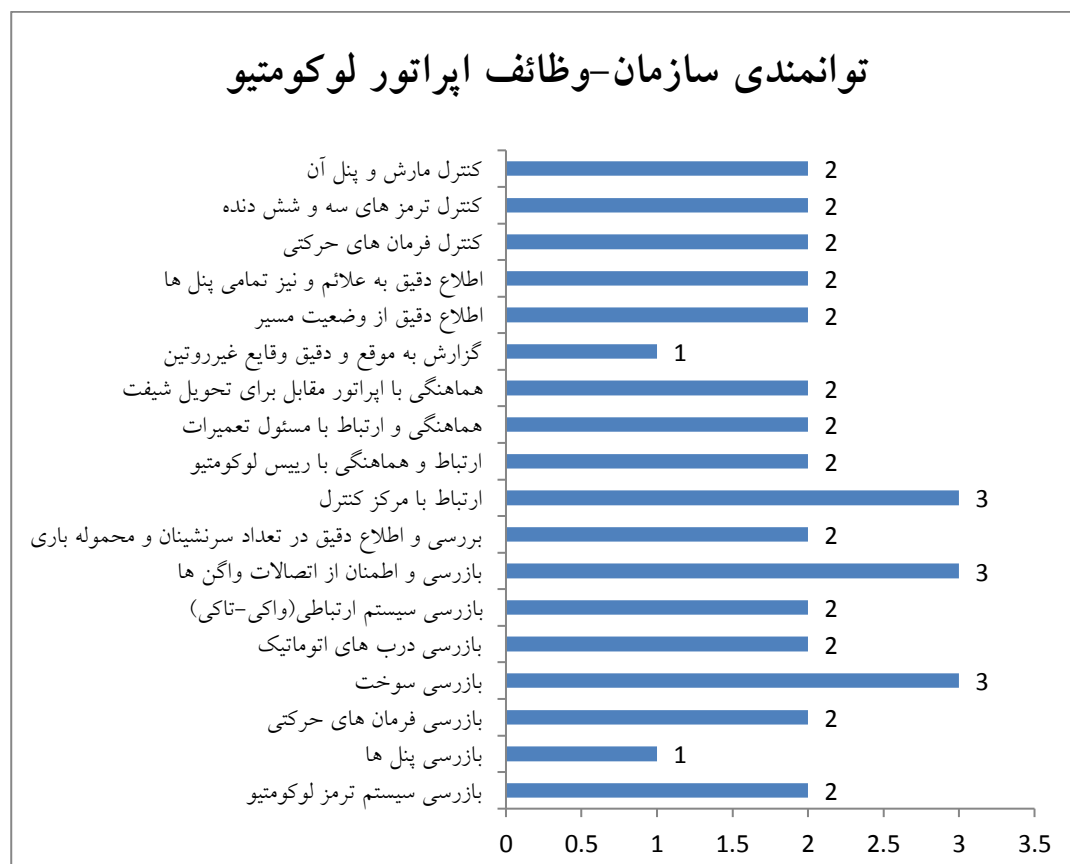
توانمندی سازمان در واقع کیفیت نقش‌ها و مسئولیت‌هایی که کارکنان بر عهده دارند. حمایت‌های مستمر، سیستم‌های ارتباطی، سیستم مدیریت ایمنی، وجود دستورالعمل‌ها و راهنمایی‌ها برای انجام

فعالیت‌ها می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که بین زیروظائف اپراتور لوکومتیو، وظائف بازرسی پنل‌ها و گزارش به موقع و دقیق وقایع غیرروتین در سطح ناکارآمد قرار دارد. خرابی برخی پنل‌ها (همچون پنل نمایش اطلاعات جوی در کابین) و عدم سرویس آنها از دلایل این ضعف در توانایی سازمان به شمار می‌رود. همچنین ضعف در ارسال گزارشات به موقع که ناشی از آموزش ناکافی و عدم حساسیت کافی مدیریت است، در مواردی منجر به بروز حادثه و شبه حادثه شده است. مقایسه سطح توانمندی در زیروظائف اپراتور لوکومتیو در نمودار ۴-۲ ارائه شده است.

خیلی کارآمد (کد ۳)

کارآمد (کد ۲)

ناکارآمد (کد ۱)



نمودار ۴-۲-مقایسه توانمندی سازمان در زیروظائف اپراتور لوکومتیو

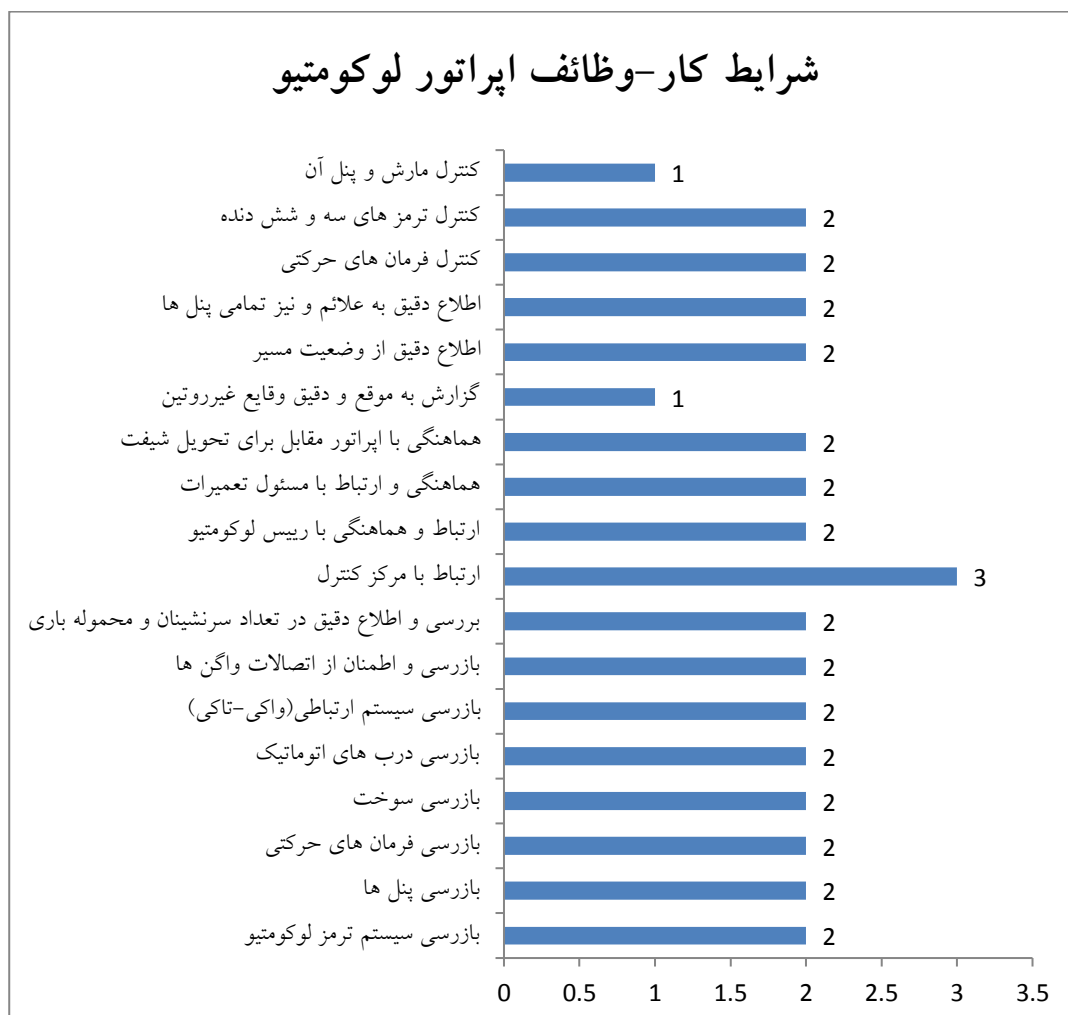
۴-۲-۳-۲-شرایط کار

ماهیت شرایط فیزیکی کار از قبیل روشنایی محیط، درخشندگی سطح نمایشگرها، صدای ناشی از آلارم ها، اختلال در انجام وظائف و ... می باشد. نتایج تحقیق نشان داد که شرایط کار در زیروظیائف گزارش به موقع و دقیق وقایع غیرروتین و کنترل مارش و پنل آن در سطح ناکارآمد ارزیابی گردید. خرابی برخی پنل ها و ضعف در ارسال گزارشات از دلایل آن ذکر شده است.

عالی (کد ۳)

متناسب (کد ۲)

نامتناسب (کد ۱)



نمودار ۴-۳-مقایسه شرایط کاربرد زیروظائف اپراتور لوکومتیو

۴-۲-۳-۳-متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر

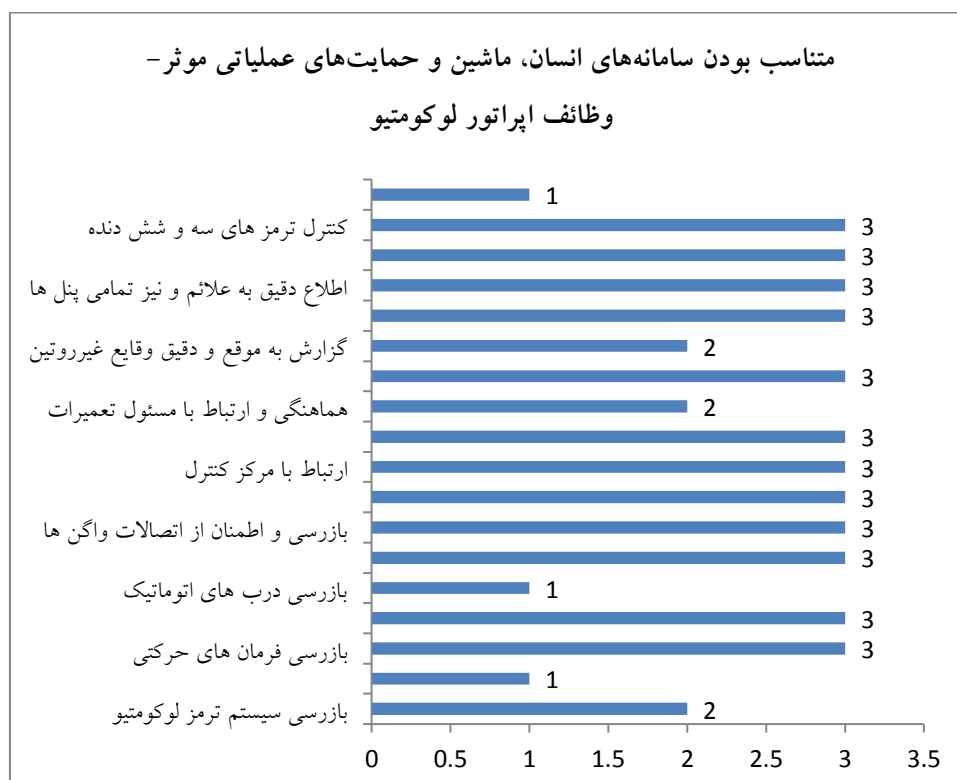
بطور کلی سطح مشترک انسان-ماشین، شامل اطلاعات قابل دسترس در کنترل پنل ها، وجود ایستگاه‌های کاری کامپیوتری شده و حمایت‌های عملیاتی که از طریق طراحی‌های ویژه ارائه می‌گردد. نتایج تحقیق نشان داد که زیروظائف کنترل مارش، بازرسی درب‌های اتوماتیک و بازرسی پنل‌ها در سطح نامناسب قرار دارند. بطور کلی نتایج نشان داد که بخشی از ریشه‌های بروز خطای انسانی مرتبط با تکنولوژی می‌باشد.

عالی(کد ۴)

کافی(کد ۳)

قابل تحمل(کد ۲)

نامناسب(کد ۱)



نمودار ۴-۴-مقایسه متناسب بودن سامانه‌های انسان، ماشین و حمایت‌های عملیاتی موثر در زیروظائف اپراتور

لوکومتیو

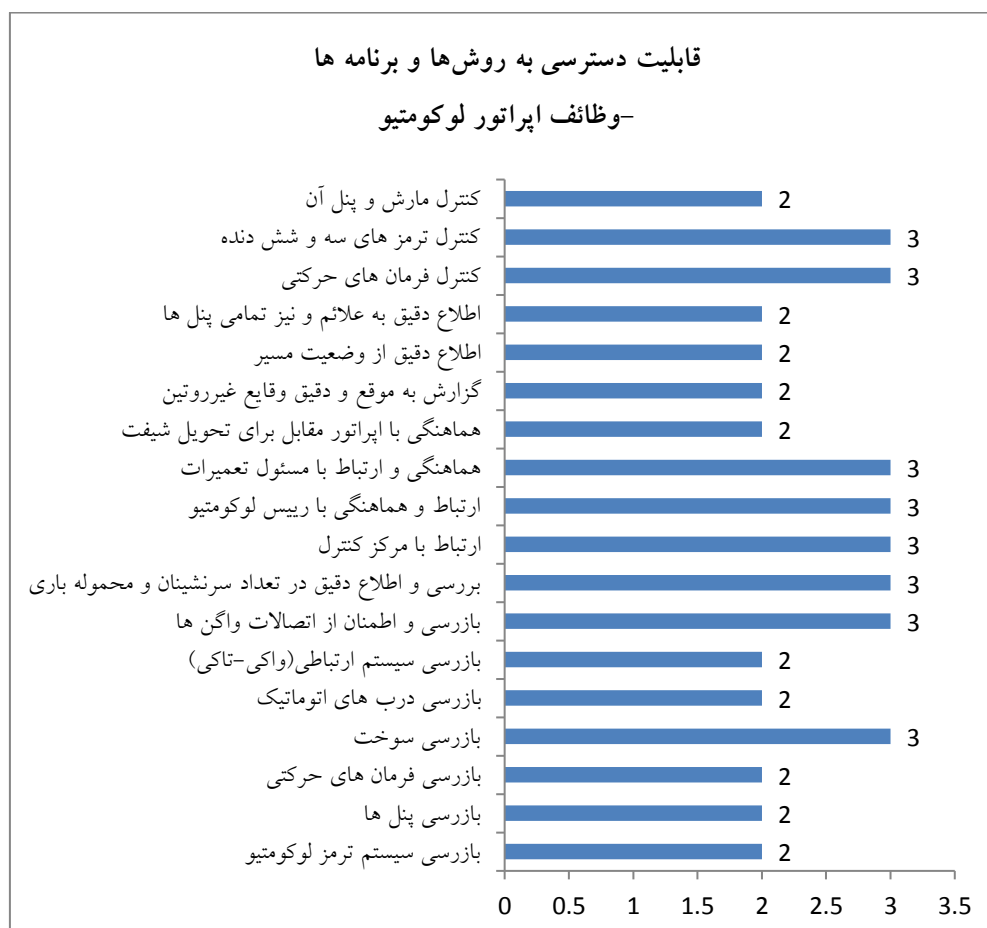
۴-۲-۳-۴- قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها

شامل وجود فرآیندها و برنامه‌ها شامل عملیات و فرآیندهای اضطراری، وجود الگوهای آشنا در پاسخ به مسائل و رخدادهای احتمالی، برنامه فرآیند و عملیات‌های جاری و غیره می‌باشد. نتایج تجزیه و تحلیل زیروظائف اپراتور لوکومتیو نشان داد که وضعیت قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها در تمامی زیروظائف در سطح مناسب و قابل تحمل قرار دارد. در واقع هیچ وظیفه و زیروظیفه‌ای بدون امکان دسترسی به روش‌ها وجود ندارد.

مناسب (کد ۳)

قابل تحمل (کد ۲)

نامناسب (کد ۱)



نمودار ۴-۵- مقایسه قابلیت دسترسی به روش‌ها و برنامه‌ها در زیروظائف اپراتور لوکومتیو

۴-۲-۳-۵-انجام دو یا چند کار بطور همزمان

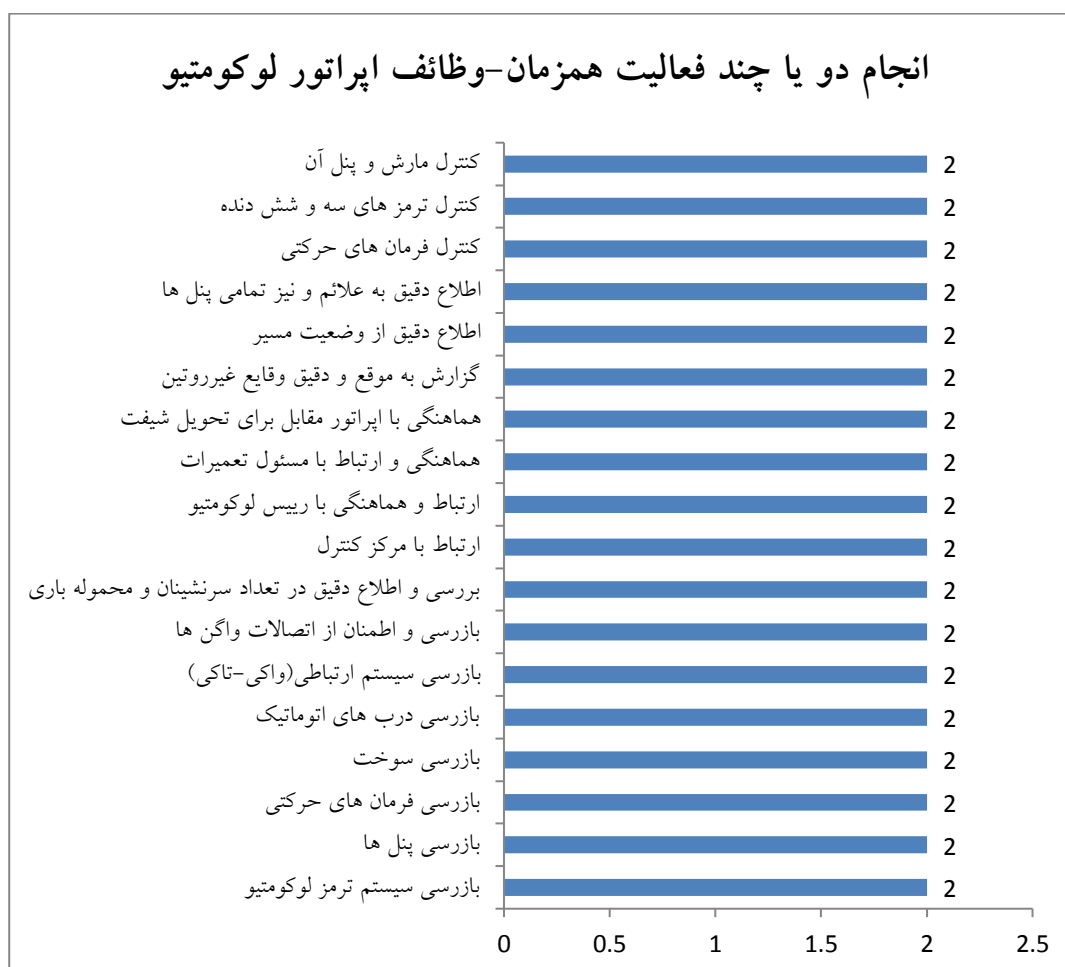
شامل تعداد وظائف و کارهایی که فرد بایستی بطور همزمان مورد توجه قرار داده و انجام دهد. نتایج

نشان داد که در فعالیت‌های اپراتور لوکومتیو، تمامی زیروظائف متناسب با توان فردی تعیین شده اند.

کمتر از حد توان فردی (کد۳)

متناسب با توان فردی (کد۲)

بیشتر از حد توان فردی (کد۱)



نمودار ۴-۶-مقایسه انجام دو یا چند کار بطور همزمان در زیروظائف اپراتور لوکومتیو

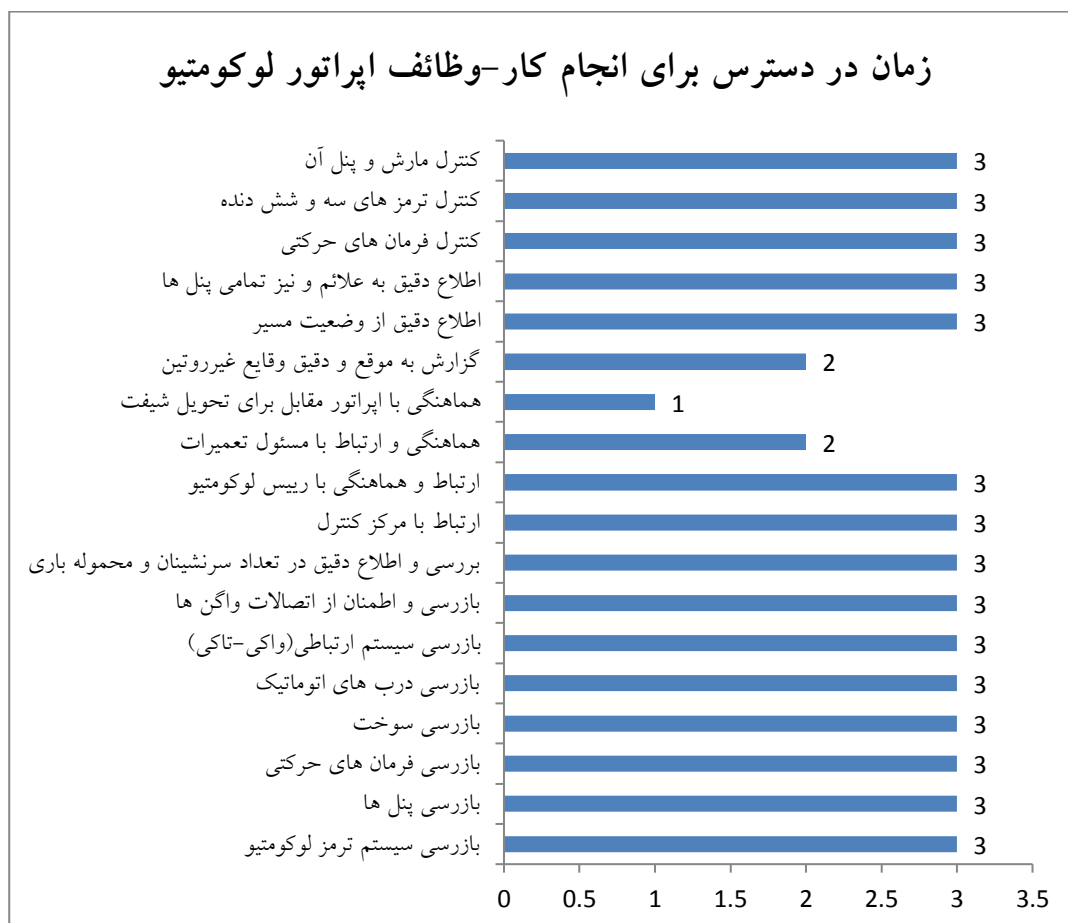
۴-۲-۳-۶- زمان در دسترس برای انجام کار

زمان در دسترس برای انجام یک وظیفه به بهترین شکل ممکن بطوریکه اجرای وظیفه منطبق با فرآیند دینامیک کار پیش رود. نتایج ارزیابی عوامل موثر در بروز خطاهای انسانی نشان داد که در زیروظیفه تحویل شیفت، زمان کافی برای اپراتور وجود ندارد. دلایل مختلفی همچون عجله در ترک کابین و عدم توجه کافی به تحویل گزارشات از دلایل آن ذکر شده است.

کافی (کد ۳)

ناکافی (بطور موقت) (کد ۲)

ناکافی (بطور دائم) (کد ۱)



نمودار ۴-۷- مقایسه زمان در دسترس برای انجام کار در زیروظائف اپراتور لوکومتیو

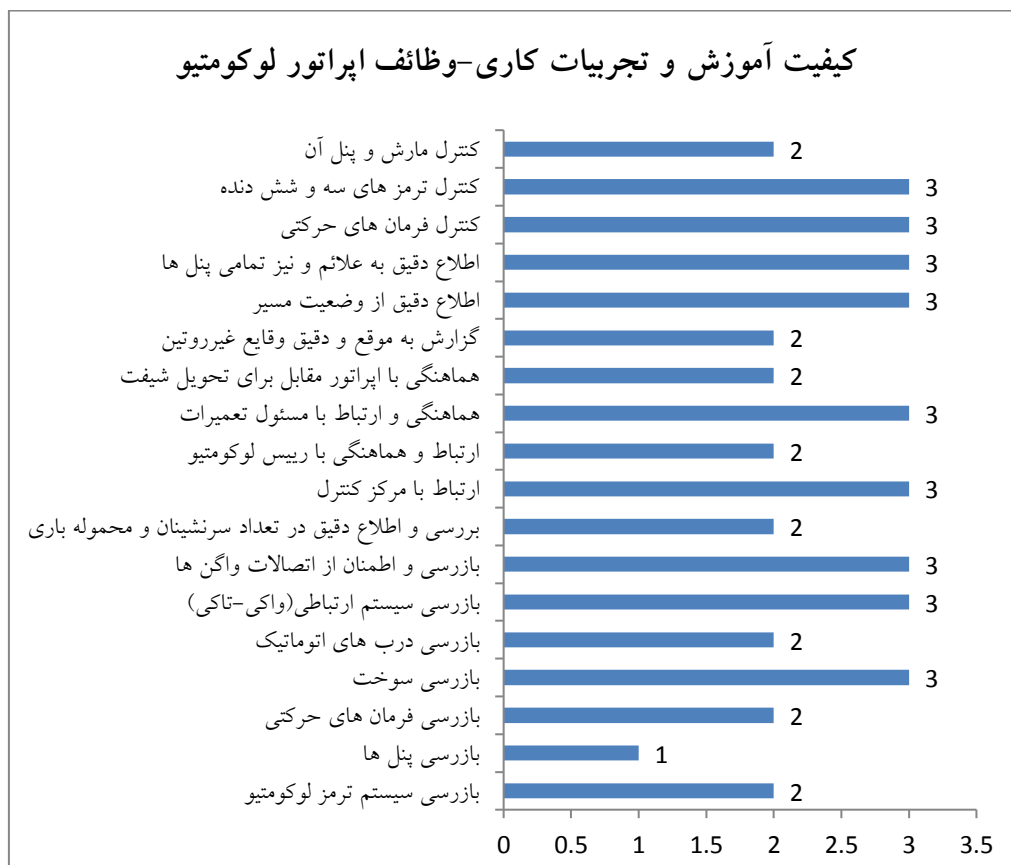
۴-۲-۳-۷- کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری

سطحی از کیفیت آموزش‌های تهیه شده برای اپراتورها جهت آشنایی با تکنولوژی‌های جدید، بازآموزی مهارت‌ها و میزان تجربیات کاری پیشین می‌باشد. با توجه به اینکه تمامی اپراتورها در شرکت دارای سابقه کاری حداقل ۴ سال هستند، در اغلب زیروظائف تجربه کاری در سطح کافی برآورد شده است. اما بر اساس نتایج حاصل از تکمیل چک لیست‌های Cream اولیه، سطح و کیفیت آموزش‌ها و تجربیات کاری برای زیروظیفه‌بازرسی پنل‌ها در سطح ناکافی است. علت این امر، خرابی بخشی از پنل‌ها در بازه زمانی طولانی و عدم توجه به سرویس آنها می‌باشد.

کافی (با تجربه بالا) (کد ۳)

کافی (با تجربه محدود) (کد ۲)

ناکافی (کد ۱)



نمودار ۴-۸- مقایسه کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری در زیروظائف اپراتور لوکومیتیو

۴-۲-۳-۸- نحوه همکاری و تعامل بین همکاران

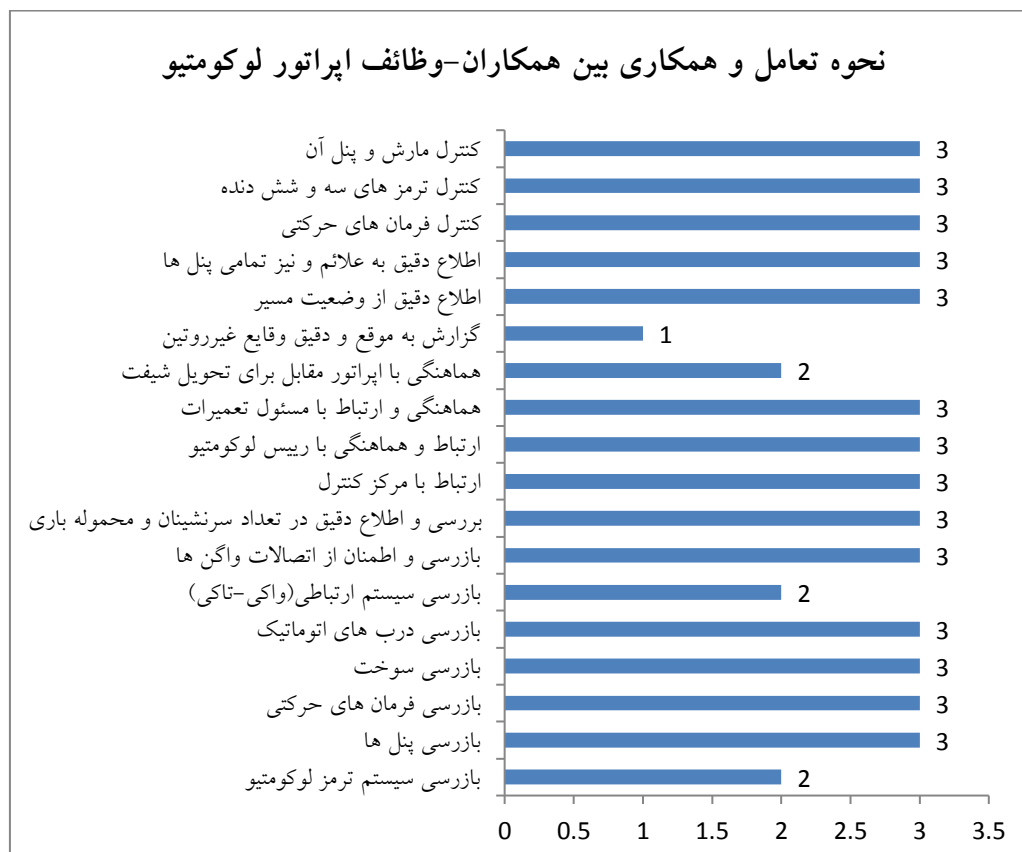
همکاری و تعامل بین کارکنان از عوامل بسیار مهم در بروز خطاهای انسانی و حوادث است. ارتباطات و همکاری‌های بین کارکنان می‌بایست در چارت سازمانی و توزیع اختیارات و مسئولیت تعریف شده باشد. علاوه بر آن، روحیه کار تیمی و آموزش‌های مربوطه از دیگر مولفه‌های مرتبط با آن است. نتایج حاصل از ارزیابی خطاهای انسانی به روش Cream نشان داد که همکاری و تعامل در انتقال گزارش‌ها در سطح بسیار ضعیفی می‌باشد.

عالی (۴)

خوب (۳)

ضعیف (۲)

نبود همکاری (۱)



نمودار ۴-۹- مقایسه نحوه همکاری و تعامل بین همکاران در زیروظائف اپراتور لوکومتیو

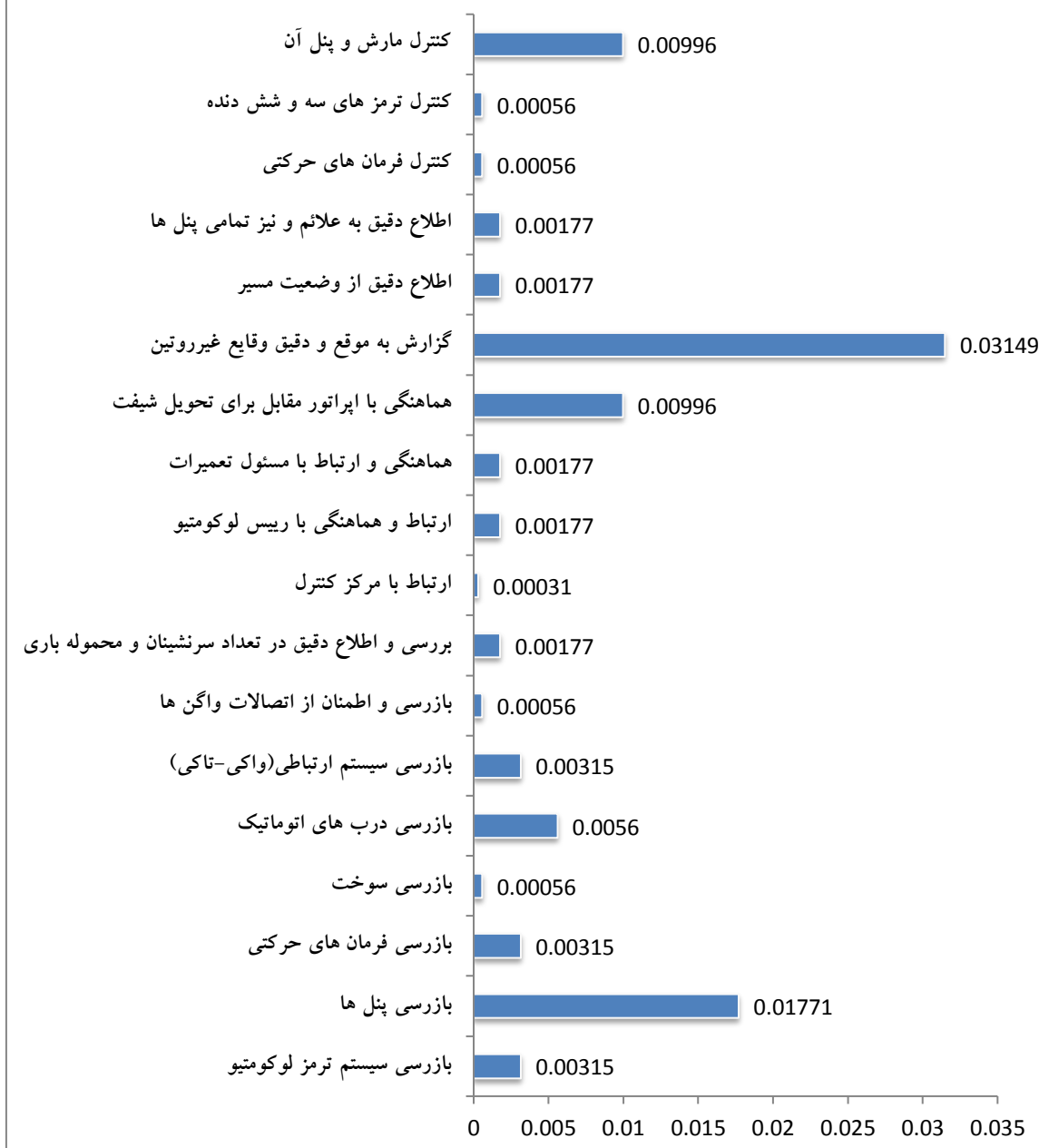
۴-۳- نتایج Cream اولیه

نتایج Cream اولیه برای زیروظائف اپراتور لوکومتیو در جدول ۴-۲۰ ارائه شده است. این جداول شامل زیروظائف منتخب، ضریب بتا، سبک کنترلی و نمره CFPt برای تعیین سطح ریسک پتانسیل بروز خطای انسانی در روش Cream اولیه می باشد.

جدول ۴-۲۰- نتایج Cream اولیه برای زیروظائف اپراتور لوکومتیو

سبک کنترلی	CFPt	ضریب بتا	زیروظائف اپراتور لوکومتیو
تاکتیکی	0.00315	-1	بازرسی سیستم ترمز لوکومتیو
لحظه ای	0.01771	2	بازرسی پنل ها
تاکتیکی	0.00315	-1	بازرسی فرمان های حرکتی
استراتژیک	0.00056	-4	بازرسی سوخت
تاکتیکی	0.0056	0	بازرسی درب های اتوماتیک
تاکتیکی	0.00315	-1	بازرسی سیستم ارتباطی (واکی-تاک)
استراتژیک	0.00056	-4	بازرسی و اطمینان از اتصالات واگن ها
تاکتیکی	0.00177	-2	بررسی و اطلاع دقیق در تعداد سرنشینان و محموله باری
استراتژیک	0.00031	-5	ارتباط با مرکز کنترل
تاکتیکی	0.00177	-2	ارتباط و هماهنگی با رییس لوکومتیو
تاکتیکی	0.00177	-2	هماهنگی و ارتباط با مسئول تعمیرات
تاکتیکی	0.00996	1	هماهنگی با اپراتور مقابل برای تحویل شیفت
لحظه ای	0.03149	3	گزارش به موقع و دقیق وقایع غیرروتین
تاکتیکی	0.00177	-2	اطلاع دقیق از وضعیت مسیر
تاکتیکی	0.00177	-2	اطلاع دقیق به علائم و نیز تمامی پنل ها
استراتژیک	0.00056	-4	کنترل فرمان های حرکتی
استراتژیک	0.00056	-4	کنترل ترمزهای سه و شش دنده
تاکتیکی	0.00996	1	کنترل مارش و پنل آن

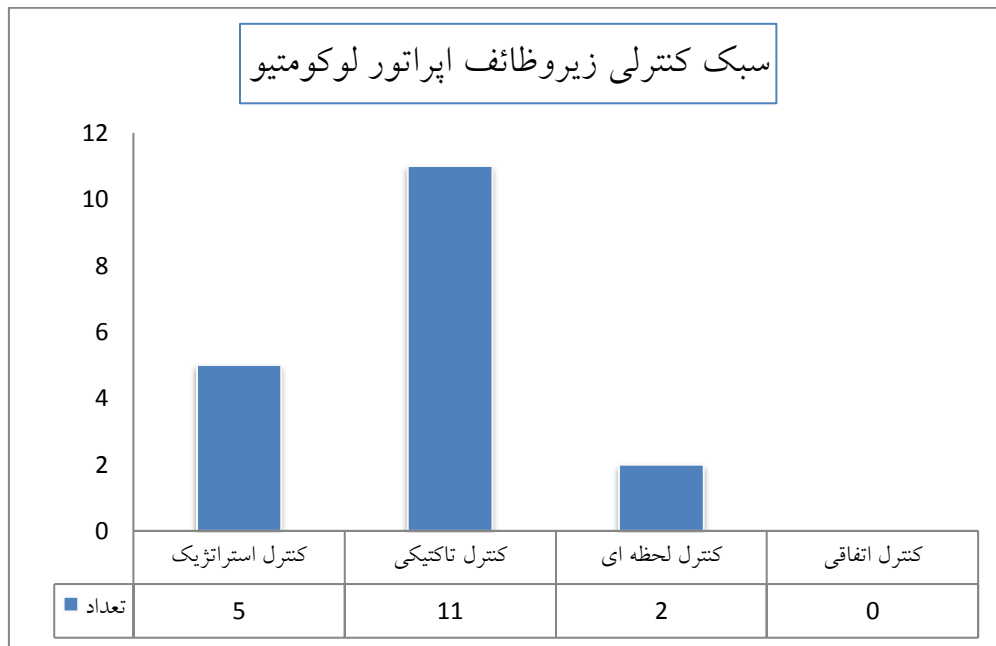
سطوح ریسک CREAM اولیه برای زیروظائف اپراتور لوکومتیو



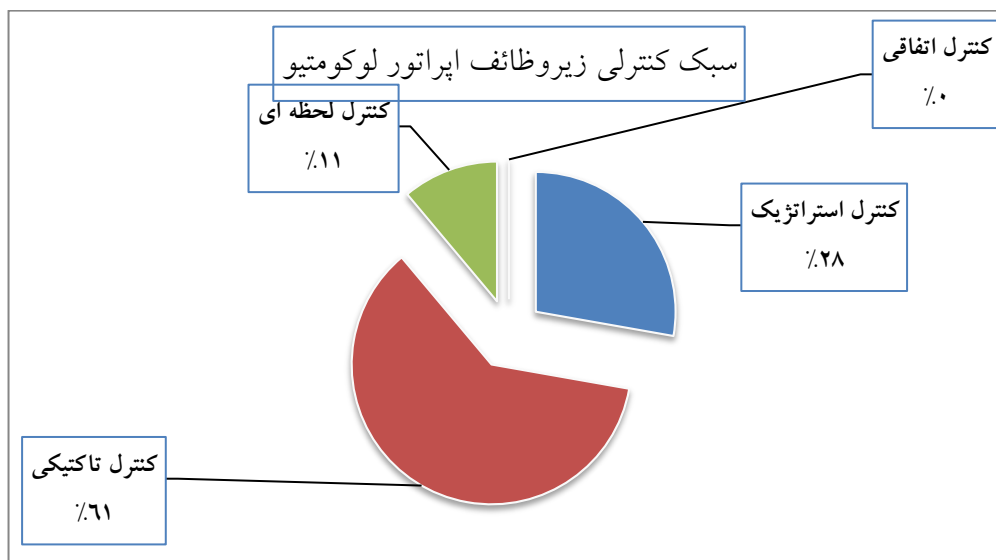
نمودار ۴-۱۰- سطوح ریسک CREAM اولیه برای زیروظائف اپراتور لوکومتیو بر اساس نمره CFPt

نتایج حاصل از ارزیابی پتانسیل بروز خطاهای انسانی برای زیروظائف اپراتور لوکومتیو نشان داد که گزارش به موقع و دقیق وقایع غیرروتنین با نمره CFPt (۰.۰۳۱۴۹) و بازرسی پلها با نمره CFPt (۰.۰۱۷۷۱) به عنوان مهم ترین زیروظائف دارای پتانسیل بروز خطای انسانی شناسایی شده اند.

همچنین زیروظائف کنترل مارش و پنل‌ها و هماهنگی با اپراتور مقابل برای تحویل شیفت با نمره CFPt (۰.۰۰۹۹۶) دارای ضریب کنترلی ضعیفی هستند.



نمودار ۴-۱۱- توزیع فراوانی نوع سبک کنترلی به ازاء زیروظائف اپراتور لوکومتیو



نمودار ۴-۱۲- درصد فراوانی نوع سبک کنترلی به ازاء زیروظائف اپراتور لوکومتیو

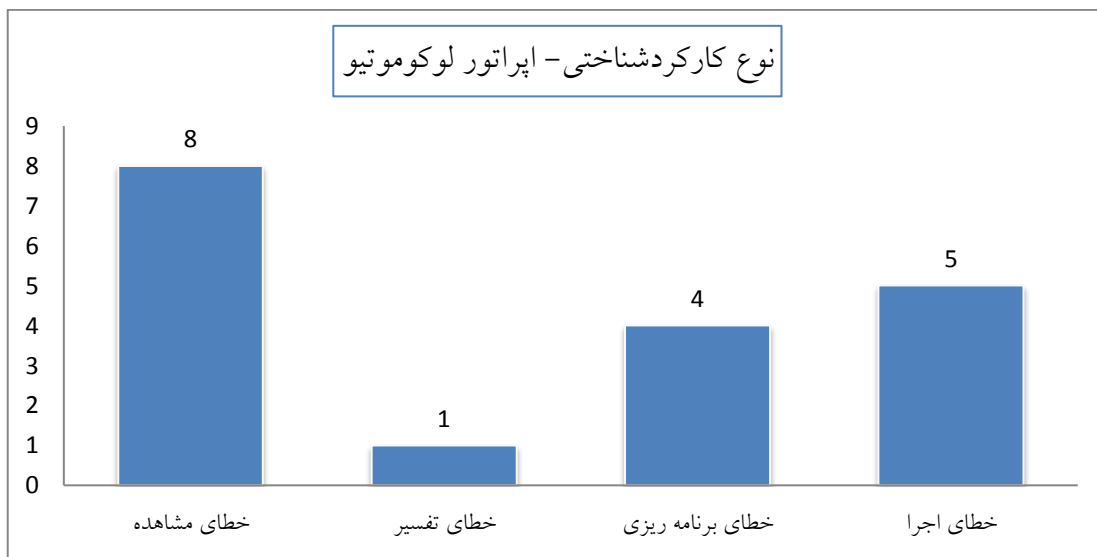
نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل زیروظائف به لحاظ نوع سبک کنترل‌یبرای اپراتور لوکومتیو نشان داد ۵ زیروظیفه (۲۸٪) دارای سطح کنترل استراتژیک، ۱۱ زیروظیفه (۶۱٪) دارای سطح کنترل تاکتیکی و ۲ (۱۱٪) زیروظیفه دارای سطح کنترلی لحظه‌ای هستند.

۴-۴-نتایج Cream گسترده

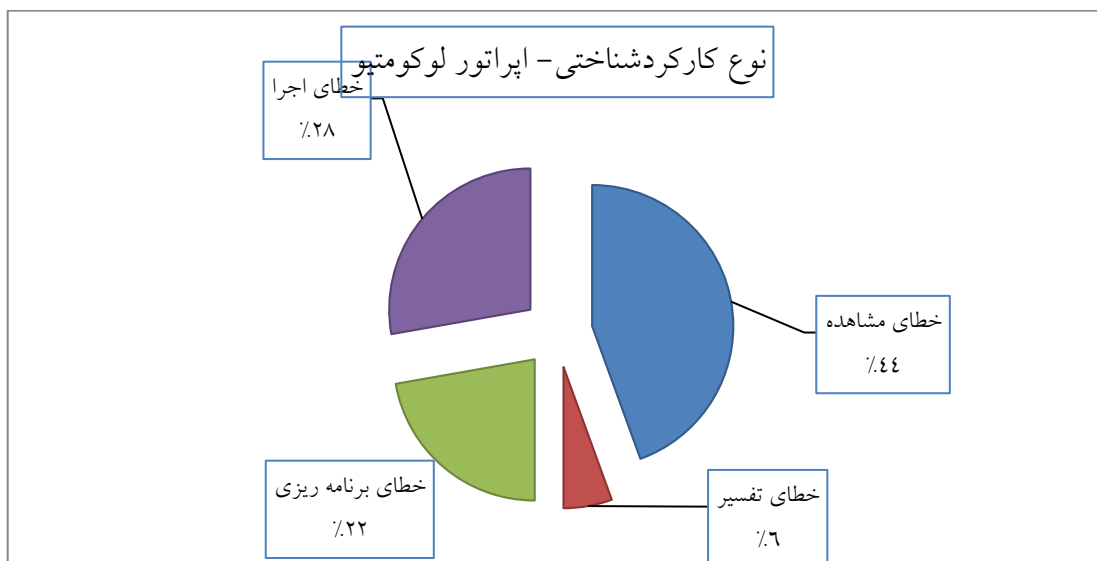
نتایج حاصل از ارزیابی خطاهای انسانی به روش Cream گسترده برای اپراتور لوکومتیو در جداول ۴-۲۱ ارائه شده است.

جدول ۴-۲۱ نتایج Cream گسترده برای اپراتور لوکومتیو

CFPi	CFP O	نوع خطای شناختی	نوع فعالیت شناختی	زیروظائف اپراتور لوکومتیو
0.999135932	۰.۰۰۱	خطای مشاهده	تشخیص	بازرسی سیستم ترمز لوکومتیو
0.999567333	۰.۰۰۱	خطای مشاهده	تشخیص	بازرسی پنل ها
0.999135932	۰.۰۰۱	خطای مشاهده	تشخیص	بازرسی فرمان‌های حرکتی
0.999135932	۰.۰۰۱	خطای مشاهده	تشخیص	بازرسی سوخت
0.999567333	۰.۰۰۱	خطای مشاهده	تشخیص	بازرسی درب‌های اتوماتیک
0.995687118	۰.۰۰۵	خطای مشاهده	تشخیص	بازرسی سیستم ارتباطی (واکی-تاکی)
0.997410863	۰.۰۰۲	خطای مشاهده	تشخیص	بازرسی و اطمینان از اتصالات واگن ها
0.999279659	۰.۰۰۱	خطای برنامه ریزی	تایید و تصدیق	بررسی و اطلاع دقیق در تعداد سرنشینان و محموله باری
0.997410034	۰.۰۰۳	خطای اجرا	ارتباط	ارتباط با مرکز کنترل
0.99611881	۰.۰۰۳	خطای اجرا	ارتباط	ارتباط و هماهنگی با رییس لوکومتیو
0.99697893	۰.۰۰۳	خطای برنامه ریزی	ارتباط	هماهنگی و ارتباط با مسئول تعمیرات
0.998556954	۰.۰۰۱	خطای برنامه ریزی	ارتباط	هماهنگی با اپراتور مقابل برای تحویل شیفت
0.99697893	۰.۰۰۳	خطای برنامه ریزی	ارتباط	گزارش به موقع و دقیق وقایع غیرروتین
0.999495853	۰.۰۰۰ ۵	خطای مشاهده	پایش	اطلاع دقیق از وضعیت مسیر
0.998271551	۰.۰۰۳	خطای تفسیر	پایش	اطلاع دقیق به علائم و نیز تمامی پنل ها
0.99913375	۰.۰۰۳	خطای اجرا	اجرا	کنترل فرمان‌های حرکتی
0.99697893	۰.۰۰۳	خطای اجرا	اجرا	کنترل ترمزهای سه و شش دنده
0.99697893	۰.۰۰۳	خطای اجرا	اجرا	کنترل مارش و پنل آن

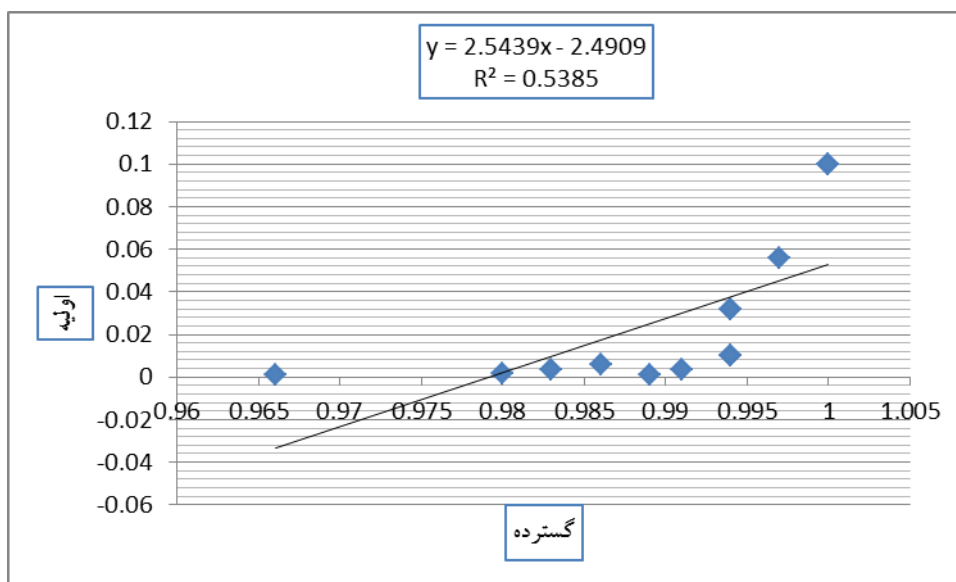


نمودار ۴-۱۳- توزیع فراوانی نوع خطاهای شناختی برای اپراتور لوکوموتیو



نمودار ۴-۱۴- درصد فراوانی نوع خطاهای شناختی برای اپراتور لوکوموتیو

نتایج ارزیابی خطاهای انسانی به روش Cream گسترده نشان داد که تعداد ۸ وظیفه دارای خطای احتمالی از نوع مشاهده، ۱ خطا از نوع تفسیر، ۴ خطا از نوع برنامه ریزی و ۵ خطا از نوع اجرا می‌باشد.



نمودار ۴-۱۵- رگرسیون خطی ارتباط بین مقادیر محاسبه شده ریسک در Cream اولیه و گسترده- اپراتور

لوکومتیو

نتایج حاصل از محاسبه رگرسیون خطی برای تعیین ارتباط بین مقادیر محاسبه شده ریسک در Cream اولیه و گسترده برای اپراتور لوکومتیو، در نمودارهای ۴-۱۵ ارائه شده است. شاخص R^2 معادل ۰.۵۳۸۵ بود. دلایل وجود اختلاف بین سطح ریسک زیروظائف در Cream اولیه و گسترده، مولفه‌های مورد بررسی برای پتانسیل بروز خطای انسانی در هر یک از ۲ روش است.

فصل پنجم (بحث و نتیجه گیری)

۵-۱- بحث

طیف وسیعی از مطالعات نشان داده‌اند که خطاهای انسانی با سهم بزرگی در ایجاد وقایع، ۸۷ درصد از علل حوادثی هستند که ایمنی کارکنان در صنایع را تهدید می‌کنند. علاوه بر نگرانی جهانی برای تأمین دایمنی در حمل و نقل ریلی، بیشتر از تلاشی فعال برای اجتناب از خطا، اغلب زمان زیادی را صرف آماده‌سازی خویش در قبال تعهد به الزامات و آئین نامه‌های اجرایی می‌کنند. فعالیت‌های اپراتورهای لوکوموتیوها، از سخت‌ترین وظایف در حمل و نقل ریلی محسوب می‌شوند که بروز خطاهای انسانی در میباشد این فعالیت‌ها می‌تواند منجر به بروز حوادث بزرگ در آنها شود.

تحقیق کنونی با هدف ارزیابی خطاهای انسانی وظائف اپراتور لوکوموتیو در یکی از لوکوموتیوهای شرکت پویان نوین سبز بر اساس تکنیک Cream اولیه و گسترده در سال ۱۴۰۰ صورت گرفت. پس از انجام مطالعات اولیه، فرآیند آنالیز شغلی بر اساس ساختار سلسله مراتبی HTA صورت گرفت و مجموعاً ۳ وظیفه اصلی و ۱۸ زیروظیفه مورد شناسایی قرار گرفت. سپس با تعیین رابطه بین عوامل CPCs و سطح قابلیت اطمینان عملکرد برای هر زیروظیفه، کنترل‌های محتمل در شرایط مذکور و احتمال خطای کلی (CFPt) تعیین شد. برای ارزیابی خطاهای انسانی بر اساس تکنیک Cream گسترده نیز پس از تعیین لیست فعالیت‌ها و نیازهای شناختی برای انجام زیروظیفه، نوع خطاهای احتمالی بر هر یک از وظائف شغلی تعیین شد. در نهایت با برآورد احتمال خطای شناختی (CFPi)، پتانسیل بروز خطاهای انسانی مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج حاصل از ارزیابی پتانسیل بروز خطاهای انسانی برای زیروظائف اپراتور لوکوموتیو نشان داد که گزارش به موقع و دقیق وقایع غیرروتین با نمره CFPt (۰.۰۳۱۴۹) و بازرسی پنل‌ها با نمره CFPt (۰.۰۱۷۷۱) به عنوان مهم‌ترین زیروظائف دارای پتانسیل بروز خطای انسانی شناسایی شده‌اند. همچنین زیروظائف کنترل مارش و پنل‌ها و هماهنگی با اپراتور مقابل برای تحویل شیفت با نمره CFPt (۰.۰۰۹۹۶) دارای ضریب کنترلی ضعیفی هستند. اطلاع از علائم و پنل‌ها، بازرسی درب‌های

اتوماتیک و بازرسی از سیستم‌های ارتباطی از دیگر وظائف دارای پتانسیل نسبتاً بالا در بروز خطاهای انسانی هستند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل زیرووظائف به لحاظ نوع سبک کنترلی برای اپراتور لوکومتیو نشان داد ۵ زیرووظیفه (۲۸٪) دارای سطح کنترل استراتژیک، ۱۱ زیرووظیفه (۶۱٪) دارای سطح کنترل تاکتیکی و ۲ (۱۱٪) زیرووظیفه دارای سطح کنترلی لحظه‌ای هستند. نتایج ارزیابی خطاهای انسانی به روش Cream گسترده نشان داد که تعداد ۸ وظیفه دارای خطای احتمالی از نوع مشاهده، ۱ خطا از نوع تفسیر، ۴ خطا از نوع برنامه ریزی و ۵ خطا از نوع اجرا می‌باشد. نتایج Cream اولیه و گسترده نیز دارای ارتباط معنادار بود.

بطور کلی نتایج تحقیق نشان می‌دهد که سهم خطاهای مربوط به مشاهده‌اجرا، بیش از سایر خطاهای انسانی بوده است. با تعیین عوامل موثر در بروز خطاهای انسانی، می‌توان راهکارهای مطلوبی در زمینه کمینه سازی بروز آنها ارائه داد. مظلومی و همکاران در سال ۱۳۸۹ در مطالعه‌ای که بر روی خطاهای انسانی اتاق کنترل یک صنعت پتروشیمی توسط تکنیک Cream با رویکرد ارگونومی انجام دادند مشخص شد شرایط کاری اثرگذار بر عملکرد مرتبط با کاهش اطمینان عملکرد انسان شامل سه عامل دو یا چند کار به صورت همزمان، زمان انجام کار، کیفیت آموزش‌های موجود و تجربیات کاری می‌باشد که باعث سبک کنترلی لحظه‌ای می‌شود (مظلومی و همکاران، ۱۳۹۰). در مطالعه مذکور، احتمال کلی خطای شناختی برای وظائف مختلف ۰.۰۰۱۷، ۰.۰۰۳۱ و ۰.۰۰۹۹ تخمین زده شد (مظلومی و همکاران، می‌باشد ۱۳۸۹). در تحقیق کنونی کمترین سطح احتمال خطای شناختی برای زیرووظیفه‌گزارش به موقع و دقیق وقایع غیرروتین با نمره $CFPt(0.03149)$ تعیین شد. کیانی و محمدفام (۱۳۹۳) در تحقیقی بررسی شرایط کاری موثر بر عملکرد اپراتور (CPCs) و تعیین احتمال خطای کلی توسط تکنیک Cream فازی در یکی از مناطق عملیاتی شرکت انتقال گاز صورت دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد در روش اولیه Cream برای وظائف نوبت کار، سرپرست نوبت کار، نوبت کار ارشد و تعمیرات نوع سبک کنترل تاکتیکی تعیین شد (کیانی و محمدفام، ۱۳۹۵). در تحقیق کنونی زیرووظائف بازرسی پنل‌ها و گزارش به

موقع و دقیق وقایع غیرروتیندارایسبک کنترل لحظه‌ای تعیین شدند. اسدیان در سال ۱۳۹۵ در تحقیقی با هدف شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی فعالیت‌های اسیدکاری و سیمان کاری انجام داد. برای فعالیت اسیدکاری ۱۵ و برای سیمانکاری ۱۴ وظیفه با سبک کنترل تاکتیکی تعیین گردید. همچنین بیشترین احتمال خطای شناختی در عملیات اسیدکاری ۰.۰۳۵۵۶ و کمترین خطای شناختی انجام تست‌های سازگاری با احتمال خطای شناختی ۰.۰۰۰۱۱۹ بود (اسدیان، ۱۳۹۵). کاریوکی در سال ۲۰۰۷ اعلام می‌باشد کرد که عامل اصلی اغلب حوادث، رفتارهای غلط و خطاهای انسانی می‌باشد (کاریوکی ۲۰۰۷). روش تجزیه و تحلیل خطا با تاکید بر قابلیت اطمینان شناختی انسان با داشتن یک پشتوانه‌ی نظری مشروح و تمرکز بر روی زمینه‌های شناختی رفتار انسانی و حساسیت بالای این روش در شناسایی خطاهای انسانی و همچنین با توجه به ساختار و زمینه‌های شناختی کار در صنایع نفتی و نیز احتمال بالای خطاهای شناختی در این نوع فعالیت ها، می‌تواند به عنوان روشی موثر و سودمند جهت مطالعه می‌باشد خطاهای انسانی بکار برده شود.

۵-۲- پیشنهادهای تحقیق

- مطالعه در خصوص خطاهای انسانی برای اپراتور لوکومتیو با استفاده از سایر تکنیک‌های شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی
- مطالعه خطاهای انسانی برای سایر مشاغل در لوکومتیو
- مطالعه در خصوص راهکارهای مدیریتی و فنی بهبود شرایط کار اپراتور لوکومتیو در راستای کاهش خطاهای انسانی
- تدوین و اجرای برنامه سرویس و نگهداری تجهیزات از جمله پنل‌ها در کابین
- تدوین و اجرای برنامه سرویس و نگهداری از تجهیزات کابین
- تدوین و اجرای برنامه‌های مرتبط با فعالیت‌های تعویض شیفت

منابع و ماخذ

منابع فارسی

۱. احمدی چالسرا، علی و احمدی چالسرا، مجتبی و امیدی طرازکوهی، مجتبی، ۱۳۹۴، بررسی و ارائه راهکار در جهت افزایش ایمنی سیستم‌های قطار سبک شهری و مونوریل، اولین کنفرانس ملی عمران میبشدتوسعه، رشت
۲. حاج حسینی، ع، مهندسی خطاهای انسانی، ۱۳۸۹، انتشارات فن آوران تهران
۳. جهانگیری، م، زینت مطلق، ک، جلیلیان، ف، ۱۳۹۱، بررسی عوامل موثر بر استفاده از کلاه ایمنی در بین موتورسواران شهر شیراز، مجله علمی پژوهشی تحقیقات نظام سلامت، دوره ۸، شماره ۷
۴. جوزی، ع، ۱۳۸۶- سامانه مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE-MS) چاپ اول، انتشارات کاوش قلم، ص ۸۶-۶۰
۵. عدل، ج، جهانگیری، م، ۱۳۸۳، شناسایی و تجزیه و تحلیل خطاهای انسانی قابل پیش بینی در فرایند میبشدتودور پروانه کار پالایشگاه تهران، چهارمین همایش سراسری بهداشت حرفه‌ای ایران
۶. کرمانی، ع، مظلومی، ع، نسل سراجی، ج، قاسم زاده، ف، ۱۳۹۱، شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی مربوط به وظائف پرستار در بخش اورژانس یکی از بیمارستان‌های شهرستان سمنان، فصلنامه علمی میبشدتخصصی طب کار، دوره چهارم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۱، ص ۲۹ تا ۴۳
۷. کیانی، م، الهوپرنلو، محمدفام، الف، ۱۳۹۴، بررسی شرایط کاری موثر بر عملکرد اپراتور (CPCs) و تعیین احتمال خطای کلی توسط تکنیک CREAM فازی در یکی از مناطق عملیاتی شرکت انتقال گاز، فصلنامه علمی تخصصی طب کار، دوره ۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴
۸. محمد فام، الف، ۱۳۸۹، خطای انسانی حلقه ارتباطی بین ارگونومی و ایمنی، نشریه صنعت و ایمنی می‌باشد شماره ۵۸، تهران، ایران
۹. مظلومی، ع، حمزئیان زیارانی، م، دادخواه، جهانگیری، م، مقصودی پور، م، محدثی، پ، قاسمی، م، ۱۳۸۹، مطالعه خطاهای انسانی در یکی از اتاق‌های کنترل صنایع پتروشیمی توسط تکنیک CREAM با رویکرد ارگونومی شناختی، مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دوره ۸، میبشدشماره ۴، زمستان ۱۳۸۹، ص ۱۵ تا ۳۰
۱۰. میر جلیلی، ع، جلیلی، الف، (۱۳۸۸)، اصول و مبانی ارزیابی و مدیریت ریسک در محیط زیست، جلد اول انتشارات اندیشمندان یزد.

۱۱. محمدفام، الف، عمید، م، میرزایی، م، حاجی اکبری، م، سلطانیان، ع، ۱۳۹۴، مطالعه خطاهای انسانی در عملیات مین زدایی با استفاده از تکنیک CREAM، مجله طب نظامی، دوره ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص ۲۴۱ تا ۲۴۷ میباید
- حبیبی، احسان ا... (۱۳۸۶) ایمنی کاربردی و شاخصهای عملکرد در صنعت، فن آوران، تهران، ایران
- جوزی، ع. ۱۳۸۸. ارزیابی و مدیریت ریسک چاپ اول : نشر دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران میباید. ص ۲۷۷-۱۵۱
- ستاره. ه، کوهپایی، ع، ۱۳۸۴. (ارزیابی ریسک حریق)) چاپ اول، انتشارات فن آوران تهران.
- ساریان زاده، ک، جهانگیری، م، بشر. اورانوس، صالح زاده. ح، ۱۳۹۲، بررسی درک ریسک، نگرش و عملکرد ایمنی در سرپرستان کارگاههای ساختمانی شهر شیراز، مجله ارگونومی، جلد ۱، شماره ۲، ص ۱۰ تا ۱۸
- کیانی، م، الهویرنلوت، محمدفام، الف، ۱۳۹۴، بررسی شرایط کاری موثر بر عملکرد اپراتور (CPCs) و میباید تعیین احتمال خطای کلی توسط تکنیک CREAM فازی در یکی از مناطق عملیاتی شرکت انتقال گاز، فصلنامه علمی تخصصی طب کار، دوره ۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴ میباید
- محمد فام. الف، ۱۳۸۹ خطای انسانی حلقه ارتباطی بین ارگونومی و ایمنی، نشریه صنعت و ایمنی شماره ۵۸، تهران، ایران
۱۲. مظلومی، ع، حمزئیان زیارانی، م، دادخواه، ا، جهانگیری، م، مقصودی پور، م، محدثی، پ، قاسمی، م، ۱۳۸۹، میباید مطالعه خطاهای انسانی در یکی از اتاقهای کنترل صنایع پتروشیمی توسط تکنیک CREAM با رویکرد ارگونومی شناختی، مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دوره ۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹، ص ۱۵ تا ۳۰
۱۳. میر جلیلی، ع، جلیلی، الف، (۱۳۸۸). اصول و مبانی ارزیابی و مدیریت ریسک در محیط زیست، جلد داول انتشارات اندیشمندان یزد.
۱۴. غلام عباس شیرالی، مجتبی نخعی پور، فرشته جهانی*، مهدی شکیب، ایمان میر، ۱۳۹۶، شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی منجر به حوادث در یکی از پالایشگاههای گاز با استفاده از روش تجزیه و تحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه بندی سیستم، مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای دانشگاه علوم پزشکی همدان، دوره ۴، شماره ۴ - (زمستان ۱۳۹۶)
۱۵. فرشته جهانی، عباس علیزاده*، مهناز نصرآبادی، ۱۳۹۶، شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی در اتاقهای کنترل مجتمع پلیمر آریاساسول، مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای دانشگاه علوم پزشکی همدان، دوره ۴، شماره ۱ - (بهار ۱۳۹۶)
- (
- بردار، غ، و جلیلیان، ن، و سنگبر، م. (۱۳۹۴). شناسایی و اولویت بندی مولفه‌های موثر بر ارتقاء میباید شایستگی ایمنی سرپرستان در صنعت ریلی کشور (مطالعه موردی: سازمان راه آهن شهرستان یزد). پژوهشنامه حمل و نقل، ۱۲ (۳) (پیاپی ۴۴)، ۱۹۹-۲۰۸. میباید.

۱۶. آقابرابری، بهنود، ۱۳۸۴، تحلیل و بررسی حوادث ریلی، اولین همایش ملی مهندسی ایمنی و مدیریت HSE، تهران،
۱۷. برقی پورهستی، منظمی تهرانی غزاله، مددی شهریار، محمد فام ایرج.
۱۸. شناسایی و ارزیابی خطاهای میباشد انسانی اپراتورهای جرثقیل برجی با استفاده از ترکیب دور
روش SHERPA و CREAM. بهداشت و ایمنی کار. ۱۳۹۹؛ ۱۰ (۱): ۲۳-۱۲
۱۹. جهانی، علیزاده، نصرآبادی. (۲۰۱۷).
۲۰. شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی در اتاقهای کنترل مجتمع می باشد پلیمر آریاساسول با استفاده از تکنیک
CREAM. مجله مهندسی بهداشت حرفه ای، ۴ (۱)، ۴۴-۳۵.
۲۱. حاله، ح.، وبخشی، ح.، وحسینی، س. (۱۳۹۰). تخصیص بهینه لوکوموتیوها به قطارهای برنامه ریزی شده در راه
آهن جمهوری اسلامی ایران. مهندسی حمل و نقل، ۳ (۱) (پیاپی ۹)، ۲۷-۱۷.
۲۲. آقابرابری، بهنود، ۱۳۸۴، تحلیل و بررسی حوادث ریلی، اولین مایشملی مهندسی ایمنی و مدیریت می باشد
۲۳. صفورا کریمی، مصطفی میرزایی علی آبادی، ایرج محمد فام. ارزیابی خطاهای انسانی مربوط به بردمندیکی از اتاقهای
کنترل صنایع پتروشیمی توسط روش CREAM گسترده. ,

24. Bligård, L. O., & Osvalder, A. L. (2014). Predictive use error analysis– Development of AEA, SHERPA and PHEA to better predict, identify and present use errors. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(1), 153-170.
25. Adhitya, A., Srinivasan, R., & Karimi, I. A. (2009). Supply chain risk identification using a HAZOP-based approach. *AIChE journal*, 55(6), 1447-1463. pp3234
26. Ramzan, N., Compart, F., & Witt, W. (2007). Methodology for the generation and evaluation of safety system alternatives based on extended Hazop. *process safety progress*, 26(1), 35-42.
27. Liu, Y., Fan, Z. P., Yuan, Y., & Li, H. (2014). A FTA-based method for risk decision-making in emergency response. *Computers & Operations Research*, 42, 49-57. pp3234
28. Lipol, L. S., & Haq, J. (2011). Risk analysis method: FMEA/FMECA in the organizations. *International Journal of Basic & Applied Sciences*, 11(5), 74-82. pp3234

29. Dharawat, A., Lourentzou, I., Morales, A., & Zhai, C. (2020). Drink bleach or do what now? covid-hera: A dataset for risk-informed health decision making in the presence of covid19 misinformation. *arXiv preprint arXiv:2010.08743*.pp3234
30. Brown, L. E., & Weir, J. P. (2001). ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise Physiology Online*, 4(3).pp3234
31. Carmona-Bayonas, A., Gómez, D., de Castro, E. M., Segura, P. P., Langa, J. M., Jimenez-Fonseca, P., ... & Muñoz, A. (2020). A snapshot of cancer-associated thromboembolic disease in 2018–2019: First data from the TESEO prospective registry. *European journal of internal medicine*, 78, 41-49
32. Pistocchi, A., & Mazzoli, P. (2002). Use of HEC-RAS and HEC-HMS models with ArcView for hydrologic risk management.
33. pp3234
34. Islam, R., Khan, F., Abbassi, R., & Garaniya, V. (2018). Human error assessment during maintenance operations of marine systems—What are the effective environmental factors?. *Safety science*, 107, 85-98.
35. Mandal, S., Singh, K., Behera, R. K., Sahu, S. K., Raj, N., & Maiti, J. (2015). Human error identification and risk prioritization in overhead crane operations using HTA, SHERPA and fuzzy VIKOR method. *Expert Systems with Applications*, 42(20), 7195-7206.pp3234
36. Sun, Z., Li, Z., Gong, E., & Xie, H. (2012). Estimating human error probability using a modified CREAM. *Reliability Engineering & System Safety*, 100, 28-32.
37. Marseguerra, M., Zio, E., & Librizzi, M. (2006). Quantitative developments in the cognitive reliability and error analysis method (CREAM) for the assessment of human performance. *Annals of Nuclear Energy*, 33(10), 894-910.pp3234
38. Dekker, S. (2004). Ten questions about human error: A new view of human factors and system safety. CRC Press.
39. pp3234
40. Reason, J. (2000). Human error: models and management. *Bmj*, 320(7237), 768-770

41. Ahuja, R. K., Liu, J., Orlin, J. B., Sharma, D., & Shughart, L. A. (2005). Solving real-life locomotive-scheduling problems. *Transportation Science*, 39(4), 503-517.pp3234
42. Xia, M., Li, X., Jiang, F., & Wang, S. (2012). Cause analysis and countermeasures of locomotive runaway accident based on fault tree analysis method. *Procedia Engineering*, 45, 38-42.
43. Hollnagel E. Cognitive reliability and error analysis method: CREAM. Philadelphia: Elsevier; 1998pp3234
44. Heinrich HW. Industrial accident prevention: In: Grimaldi J, Simonds R, editors. *Safety management*. Homewood: IL, Richard D; Irwin, Inc; 1973, P.211.pp3234
45. Atlantic City International Airport,NJ: AHFD, May 2005. Report No.: AHFD-05-08/FAA-05-03.pp3234
46. Helmreich RL. On error management: lessons from aviation. *BMJ*. 2000;320(7237):781–5.
47. Rubin G, George A, Chinn D, Richardson C. Errors in general practice: development of an error classification and pilot study of a method for detecting errors. *Quality and Safety in Health Care*. 2003;12(6):443-7.pp3234
48. World Alliance for Patient Safety. 2008; 09-27. Available: <http://www.who.int/patientsafety/en/index.html>.
49. Mazlomi A, Hamzeiyan M, Dadkhah A, Jahangiri M, Mohadesi P. Assessment of Human Errors in an IndustrialPetrochemical Control Room using the CREAM Method with a Cognitive Ergonomics Approach. *Scientific Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research*.2011;8(4):15-30.
50. Mohammadfam I, Saeidi C. Evaluating human errors in cataract surgery using the SHERPA technique *Journal of Ergonomics*. 201;2(4):41-6.
51. Hollnagel E. Cognitive Reliability and Error Analysis Method: Oxford,Elsevier Science; 1998. pp3234
52. Stanton NA. Hierarchicaltask analysis: Developments, applications, and extensions. *Applied Ergonomics*. 2006;37(1):55-79.
53. P.Chai Liao, X. Luo, T.Wang, Y.Su,2016, The Mechanism of how Design Failures cause Unsafe Behavior: The Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM), *International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction*

54. M.Marseguerra, Z.Massimo, L. Libizzi, 2016, Quantitative developments in the cognitive reliability and error analysis method (CREAM) for the assessment of human performance, *Annals of Nuclear Energy* 33 (2016) 894–910pp3234
55. M.Kamarlu, M.Ali, M. Ibrahim, 2014, Crane Failure and Accident in Construction, (1047-322X). Retrieved October 19, 2015.
56. L.Ola Bigard, A.Lisa Osvalder, 2014, Predictive use error analysis e Development of AEA, SHERPA and PHEA to better predict, identify and present use errors, *International Journal of industrial Ergonomics* 44(2014) 153-170
57. Petrillo A, Falcone D, De Felice F, Zomparelli F. Development of a risk analysis model to evaluate human error in industrial plants and in critical infrastructures. *Int J Disaster Risk Reduct.* 2017;23(4):15–24.
58. Karimie S, Mohammadfam I, Mirzaei Aliabadi M. Human Errors Assessment in the one of the control rooms of a petrochemical industrial company using the extended CREAM method and BN. *Saf Health Work.* 2019;9(2):105–12. pp3234
59. Jahangiri M, Hoboubi N, Rostamabadi A, Keshavarzi S, Hosseini AA. Human error analysis in a permit to work system: a case study in a chemical plant. *Saf Health Work.* 2016;7(1):6–11.
60. Kirwan B. A guide to practical human reliability assessment: CRC press; 2017. pp3234
61. Zhou Q, Wong YD, Loh HS, Yuen KF. A fuzzy and Bayesian network CREAM model for human reliability analysis–The case of tanker shipping. *Saf Sci.* 2018;105:149–57.pp3234

Abstract:

The activities of locomotive operators are one of the most difficult tasks in rail transportation, and the occurrence of human errors in these activities can lead to major accidents in them. Based on the original and extensive Cream technique in 1400. After conducting preliminary studies, the job analysis process was performed based on the HTA hierarchical structure and a total of 3 main tasks and 18 tasks were identified. Then, by determining the relationship between CPCs and the level of performance reliability for each sub-task, the probable controls in the mentioned conditions and the total error probability (CFPt) were determined. Finally, by estimating the probability of cognitive error (CFPi), the potential for human error was evaluated. Panels with a CFPt score (0.01771) have been identified as the most important sub-tasks with the potential for human error. The results of sub-tasks analysis in terms of type of control style for locomotive operator showed that 5 sub-tasks (28%) have strategic control level, 11 sub-tasks (61%) have tactical control level and 2 (11%) sub-tasks have instantaneous control level. . The results of evaluation of human errors by extensive cream method showed that 8 tasks have possible errors of observation type, 1 error of interpretation type, 4 errors of planning type and 5 errors of execution type. Primary and extensive cream results were also significantly correlated.

Keywords: Human errors, Locomotive, Cream, Cognitive error, Evaluation



Institute of Higher Energy Education

Master Thesis: HSE Engineering

:Issue

**Study of human errors of locomotive operator based
on extensive Cream technique (case study, locomotive of
(Pouyan Novin Sabz Company**

Supervisor:

Dr. Mostafa Adelizadeh

Writer:

Mohammad Yarahmadi

October 1400