

## شناسایی و ارزیابی خطای انسانی در اتاق کنترل واحد بازیافت گوگرد پالایشگاه نفت تهران به روش HEIST (۱۳۸۶)

دکتر سید باقر مرتضوی\*<sup>۱</sup>؛ سکینه مهدوی<sup>۲</sup>؛ دکتر حسن اصیلان<sup>۳</sup>؛ دکتر شیرازه ارقامی<sup>۴</sup>؛ رضاغلام نیا<sup>۵</sup>

### چکیده

**مقدمه:** دستیابی انسان به انواع انرژی‌های نوین و هم‌زمان با آن توسعه فن‌آوری‌های حساس و پیچیده، روز به روز نقش عنصر انسانی در کنترل و هدایت سیستم‌ها را پررنگ‌تر کرد. امروزه در بسیاری از محیط‌های شغلی نظیر صنایع هسته‌ای، نظامی و شیمیایی بروز یک خطای انسانی می‌تواند به حادثه‌ای فاجعه‌بار منتهی شود که حوادث زیادی در نقاط مختلف جهان شواهدی بر این مدعاست، به همین دلیل هدف این پژوهش شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی قابل پیش بینی در اتاق کنترل واحد بازیافت گوگرد پالایشگاه نفت با استفاده از روش HEIST می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** مطالعه حاضر، مطالعه موردپژوهی از نوع پژوهش کیفی بود که به منظور شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی در اتاق کنترل واحد بازیافت گوگرد پالایشگاه نفت (شامل ۱۳ نفر) انجام شد. با کمک سرپرست واحد، مشاهده مستقیم فعالیت‌ها و اسناد و مصاحبه فردی آن دسته از وظایفی که مستعد به ایجاد حادثه بودند شناسایی شده و با استفاده از روش تجزیه و تحلیل وظایف شغلی سلسه مراتبی (H.T.A) آنالیز شدند و نتایج آن در قالب چارت‌های H.T.A ارائه شد. انواع خطاهای انسانی ممکن در مراحل کاری وظایف شناسایی شده با استفاده از روش HEIST و با در نظر داشتن عوامل مؤثر بر عملکرد کاربر نظیر تعامل با نشان‌گرها و کنترل‌گرها، سازماندهی شغل و پیچیدگی وظیفه شناسایی شد و انحراف هر کدام از وضعیت طبیعی با استفاده از یک مجموعه کلمات راهنما مشخص شدند و اطلاعات حاصل وارد برگه‌های کار HEIST شد تا علل سیستمیک و روان‌شناختی خطاها مشخص شوند.

**یافته‌ها:** بر اساس تجزیه و تحلیل برگه‌های کار HEIST، ۲۱۹ خطا شناسایی گردید که ۴۷ مورد آن مربوط به اجرای نادرست روش و اجرای روش اشتباه، ۳۲ مورد مربوط به اجرا نشدن روش در زمان مناسب بود و ۲۶ مورد در خصوص تعامل کاربر با علائم و نشان‌گرها بود.

**بحث:** یافته‌های به‌دست‌آمده نشان داد در شرایط اضطراری، روش انتخابی برای مقابله با حوادث به‌طور صحیح اجرا نمی‌شده و یا روش اشتباهی اجرا می‌گردید و یا روش درست انتخاب می‌شده ولی به‌موقع اجرا نمی‌شد که این خطاها به‌علت در دسترس نبودن دستورالعمل‌های مکتوب و یا عدم آموزش دستورالعمل‌های مناسب و نحوه اجرای به‌موقع آن بود، همچنین خطا در خصوص تعامل با علائم و نشان‌گرها به‌علت در سرویس نبودن نشان‌گرها و وجود نقص فنی در آن‌ها بود.

**کلیدواژه‌ها:** روش HEIST، روش HTA، خطای انسانی، حوادث صنعتی. «دریافت: ۱۳۸۶/۷/۴ پذیرش: ۱۳۸۷/۹/۵»

۱. دانشیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

۲. عضو هیأت علمی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بندرعباس

۳. استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس ۴. استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی زنجان

۵. دانشجوی دکتری بهداشت حرفه‌ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

\*عهده‌دار مکاتبات: تهران، جلال آل احمد، پل گیشا، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی شماره ۵، طبقه همکف، گروه بهداشت

## مقدمه

مطالعات انجام شده در زمینه حوادث صنعتی نشان داده است که عامل انسانی مهم ترین و اصلی ترین نقش را در بروز حوادث دارد، به طوری که آمار نشان داده که عامل بیش از ۸۰ درصد حوادث در صنایع شیمیایی و پتروشیمی اشتباه و خطای انسانی می باشد (۱).

شاید به جرأت بتوان گفت زمانی که اچ.دبلیو.هنریج<sup>۱</sup> در دهه سوم قرن بیستم پس از سالها تحقیق در کتاب "پیشگیری از حوادث صنعتی" با ارایه مدل دومینو و تأکید بر نقش انکارناپذیر افراد در بروز حوادث پایه گذار یک مکتب نوین در ایمنی گردید و مهم ترین اتفاق در علم ایمنی به وقوع پیوست. این تئوری به ظاهر ساده یک پیام آشکار نیز به همراه داشت که هنوز هم بیشترین تلاش کارکنان ایمنی را به خود معطوف می نماید و آن این که: "برای پیشگیری از بروز حوادث باید عواملی که بر رفتار ایمنی افراد اثر می گذارند شناسایی و درک شوند" (۲).

با گسترش روزافزون به کارگیری تکنولوژی های مدرن در صنایع و رشد سریع اتوماسیون، هرچند انتظار می رفت نقش عنصر انسانی در صنایع تقلیل یافته و در ادامه آن از میزان حوادث شغلی کاسته شود ولی در ادامه، بروز حوادث فاجعه بار نشان داد که هرچند به کارگیری روش های خودکار و تکنولوژی های مدرن توانست از حضور فیزیکی کارگران در محیط های پرخطر بکاهد ولی نقش انسانی را در کنترل و به کارگیری آن پررنگ تر کرد. بدین صورت الزامات پست های کاری مدرن ایجاب نمود

که کنترل حجم زیادی از عملیات مختلف و گاهاً حساس و بحرانی به عنصر انسانی سپرده شود به طوری که بروز یک اشتباه و خطای انسانی در مراحل کاری می تواند به وقوع حوادث بزرگی منجر گردد. همان طور که انفجار و آتش سوزی که در سال ۱۹۹۴ در پالایشگاه تگزاکو<sup>۲</sup> رخ داد و سبب کشته شدن ۲۶ نفر و خسارات ۴۸ میلیون پوند شد ناشی از نقص در سیستم هشداردهنده ها بود زیرا کاربر مجبور بود در ۱۱ دقیقه قبل از انفجار ۲۷۵ هشداردهنده را تشخیص دهد، نسبت به آنها آگاهی پیدا کرده و اقدامات لازم را انجام دهد (۳). از طرف دیگر بررسی ها نشان داده است که وقوع خطای انسانی در نتیجه ترکیبی از عوامل مختلف از قبیل عوامل شخصی، عوامل مدیریتی و سازمانی، پیچیدگی روش انجام کار، شرایط محیطی، طراحی تجهیزات و دستگاه ها، نحوه آموزش افراد، نظارت و وجود یا عدم وجود دستورالعمل های کاری رخ می دهد (۴). با توجه به مطالب یاد شده آشکار می گردد که لازم است در کلیه سیستم های عملیاتی به ویژه آن دسته که بروز خطاهای انسانی در آنها می تواند پیامدهای شدیدی را به دنبال داشته باشد کلیه سناریوهای احتمالی بروز خطاهای انسانی، شرایط مؤثر بر آنها و پیامدهای حاصله به دقت پیش بینی و اقدامات کنترلی و اصلاحی لازم برای کاستن خطر آنها اعمال گردد. همچنین در یک مطالعه مورد پژوهشی هانسزولیو و همکارانش در سال ۲۰۰۴ در صنایع نیمه هادی سازی در تایوان از روش HEIST<sup>۳</sup> برای شناسایی خطای انسانی استفاده کردند و برای کاهش حوادث از این طریق

- این روش برای فرایندهایی که در مرحله فعالیت سیستم از طریق اتاق کنترل هدایت و کنترل می‌شوند به کار می‌رود.

- راهنمای کافی را برای تحلیل‌گر در مورد دسته‌بندی وظایف دارد.

- اگر این روش به‌طور صحیح استفاده شود این قابلیت را دارد که روش کاملی باشد.

- نتیجه حاصل از این روش کامل است به‌طوری که خطا، توضیح خطا، علت خطا، پیامد ناشی از خطا و همچنین پیشنهاد دستوالعمل‌ها برای کاهش خطا را در بر می‌گیرد.

از معایب این روش به زمان‌بر بودن و تکراری بودن بعضی از سؤالات می‌توان اشاره کرد (۸ و ۹).

دویتچیو و همکارانش در سال ۲۰۰۶ برای آنالیز حوادث و رویدادها در دو نیروگاه آبی در بلغارستان در یک مطالعه مورد پژوهشی از روش HEIST, HTA, FTA استفاده کردند (۱۰).

در این پژوهش هدف شناسایی و تجزیه و تحلیل خطاهای انسانی قابل پیش‌بینی در اتاق کنترل واحد بازیافت گوگرد پالایشگاه نفت با استفاده از روش HEIST و ارائه راه‌کارهای کنترلی مناسب برای پیشگیری و کاهش خطاها و محدود کردن پیامدهای ناشی از آنها می‌باشد. با توجه به نقش کلیدی حضور انسان در فرایندهای این

خطاهای انسانی که منجر به حوادث می‌شدند را شناسایی کردند (۵).

روش‌های مختلفی برای شناسایی و تجزیه و تحلیل خطاهای انسانی ارائه شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به روش THEA<sup>۱</sup> (روش ارزیابی خطاهای انسانی در مراحل اولیه طراحی سیستم)، PHEA<sup>۲</sup> (روشی برای شناسایی و تجزیه و تحلیل خطاهای انسانی) و همچنین به روش HUMAN HAZOP<sup>۳</sup>، HEART<sup>۴</sup> و HEIST اشاره کرد. که از این میان روش THEA همان‌طور که از اسمش معلوم است روشی برای ارزیابی خطاهای انسانی در مراحل اولیه طراحی سیستم می‌باشد و روش PHEA روشی است که اولین بار برای پیشگیری از خطاهای انسانی در فعالیت‌های تعمیراتی یک نیروگاه اتمی به کار رفته است که بیشتر برای شناسایی خطاهای انسانی در فعالیت‌های تعمیراتی مناسب می‌باشد و روش HEART راهنمایی کافی را برای تحلیل‌گر در مورد دسته‌بندی وظایف ندارد (۶ و ۷). اما روش HEIST که در سال ۱۹۹۴ برای اولین بار توسط باری کروان برای شناسایی خطای انسانی نیروگاه اتمی مورد استفاده قرار گرفت روشی طراحی شده برای اتاق کنترل بود که دارای مزایای ذیل می‌باشد:

1. Technique For Human Error Assessment in early stages of design

2. Predictive Human Error Analysis

3. Human Hazard and Operability Study

4. Human Error Assessment and Reduction Technique

مشاوره با سرپرستان و کارکنان واحد و همچنین بررسی حوادث گذشته در واحد و واحدهای مشابه، وظایف شغلی حساس و بحرانی نسبت به بروز خطاهای انسانی برای انجام مطالعه انتخاب شدند.

ب) تجزیه و تحلیل وظایف شغلی (T.A):<sup>۱</sup> منظور از تجزیه و تحلیل وظایف شغلی مطالعه و آنالیز کلیه مراحل و فعالیت‌هایی است که برای رسیدن به هدف اصلی یک فعالیت انجام می‌شود. از تجزیه و تحلیل وظایف شغلی می‌توان برای دستیابی به اطلاعاتی مانند کار بین انسان و ماشین، نیازهای آموزشی و شناسایی خطاهای انسانی استفاده کرد. به عبارت دیگر تجزیه و تحلیل وظایف شغلی عبارت است از ارائه تصویر جزء به جزء فعالیت‌های کاربر در یک سیستم و تجزیه و تحلیل آن‌ها به منظور اطمینان از عملکرد صحیح کاربر در اجرای وظایفی که به عهده دارد. برای انجام T.A روش‌های مختلفی وجود دارد، یکی از این روش‌ها که بیشتر برای شناسایی خطاهای انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرد روش تجزیه و تحلیل وظایف شغلی به صورت سلسله مراتبی (H.T.A)<sup>۲</sup> است که در سال ۱۹۷۱ توسط آنت و همکارانش و در سال ۱۹۹۹ توسط داستون و یانگ در نیروگاه‌های اتمی و کارخانجات شیمیایی به کار گرفته شد که در آن کلیه وظایف شغلی در یک فرایند سلسله مراتبی به مجموعه‌ای از زیروظایف تقسیم شده و در قالب چارت یا جدول H.T.A ارائه شده بود (۶ و ۱۱). مهم‌ترین مزایای این روش شامل این است که یک وظیفه را تا جایی که نیاز است به وظایف ریزتر تجزیه می‌کند، که این برای

صنعت و اهمیت واحد بازیافت گوگرد در بازیافت یک ماده سمی و خطرناک که در صورت حادثه علاوه بر انفجار و آتش‌سوزی موجب ایجاد مسمومیت‌های حاد نیز می‌گردد در این مطالعه اتاق کنترل واحد بازیافت گوگرد پالایشگاه تهران به‌عنوان محل اجرای بررسی انتخاب گردید.

### مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک پژوهش موردپژوهی از نوع پژوهش کیفی به‌شمار می‌رود، در این پژوهش از روش تحقیق موردی برای پیش‌بینی و توصیف خطای انسانی احتمالی که موجب ایجاد حوادث ناگوار می‌شوند و یافتن روش‌های کنترل آن‌ها استفاده شد، در این مطالعه پژوهشگران به دنبال چرایی و چگونگی بروز خطاهایی انسانی است که منجر به حادثه می‌شوند، می‌باشد. از طرفی پژوهشگران هیچ کنترل، مداخله و تغییری در محیط مورد بررسی ایجاد نکرده و فقط به مشاهده و جمع‌آوری مدارکی در مورد وضعیت موجود می‌پردازند. در این مطالعه اتاق کنترل واحد بازیافت گوگرد پالایشگاه نفت تهران به‌عنوان محل اجرای بررسی انتخاب گردید. در این واحد مجموعاً ۱۳ نفر در مشاغل سرپرست شیفت، کاربر اتاق کنترل، کاربر ارشد و کاربر محوطه مشغول به کار بودند و انجام آن شامل مراحل ذیل است:

الف) شناسایی وظایف شغلی: در ابتدا کلیه وظایف شغلی افراد، مورد بررسی قرار گرفته و پس از مصاحبه و

پیش‌بینی خطا خیلی مفید می‌باشد. در این پژوهش وظایف شغلی کاربر با روش H.T.A مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز آن از روش مشاهده، مصاحبه و بررسی دستورالعمل‌ها و اسناد گذشته استفاده شد. یکی از زیروظایف، وظیفه شغلی کنترل فرایند بازیافت گوگرد، کنترل عملیات است که خود نیز به زیروظایف جزئی‌تری از جمله تنظیم و کنترل متغیرها و نظارت مستمر بر آن‌ها از طریق برد اتاق کنترل تقسیم شده که این خود به وظایف جزئی‌تر دیگری تقسیم شده است که شامل ۱۵ زیروظیفه دیگر است.

ج) پیش‌بینی و تحلیل خطاهای انسانی: برای این کار پس از تعیین وظایف شغلی حساس و آسیب‌پذیر از نظر خطاهای انسانی به طریق مصاحبه، مشاوره و بررسی حوادث رخ داده در پالایشگاه و سایت‌های مشابه و تجزیه آن‌ها به وظایف ریزتر به کمک روش HTA، ریزترین وظیفه که همان وظیفه انتهایی در نمودار HTA می‌باشد وارد کاربرد HEIST شده و با استفاده از روش HEIST کلیه خطاهای انسانی در هر یک از وظایف شغلی به کمک یک سری سؤالات راهنما شناسایی و پیش‌بینی شده است. نحوه کار به این ترتیب است که هر کدام از وظایف مورد مطالعه برگرفته شده از نمودار HTA در قالب یک و یا چند مرحله هشت‌گانه فرایند تصمیم‌گیری ساری<sup>۱</sup> که شامل ردیابی و شناسایی علایم،

مشاهده و جمع‌آوری اطلاعات، تشخیص وضعیت سیستم، تفسیر وضعیت سیستم، ارزیابی وضعیت سیستم، تعیین اهداف و تکالیف مورد نظر، انتخاب روش و اجرای روش می‌باشد. با در نظر گرفتن شش عامل مؤثر بر عملکرد کاربر شامل زمان، تعامل کاربر با نشان‌گرها و کنترل‌گرها، آموزش و تجربه، دستورالعمل‌های کاری، سازماندهی وظایف و پیچیدگی وظیفه دسته‌بندی می‌شوند، سپس وارد کاربرد HEIST می‌شود و بعد سؤالاتی به‌عنوان راهنما در چهارچوب مراحل تصمیم‌گیری براساس مدل تصمیم‌گیری ساری و عوامل مؤثر بر عملکرد کاربر در حین انجام وظیفه مطرح می‌شود و به دنبال آن با توجه به سؤالات مطرح شده، انواع خطاهایی که ممکن است در حین انجام فعالیت مورد نظر به عنوان خطاهای با تظاهر بیرونی روی دهند براساس مدل SRK<sup>۲</sup> تعیین و شناسایی می‌گردد، به دنبال آن توضیح خطا بیان می‌شود و در مرحله بعد بر مبنای سؤالات راهنما نوع خطا، علل ریشه‌ای مکانیسم سیستمی و یا همچنین مکانیسم‌های روان‌شناختی مشخص شده و بعد از آن پیامدهای حادثه احتمالی ارایه شده و در نهایت به منظور کاهش خطر خطاهای انسانی در کاربرها برای هر خطای شناسایی شده راه‌کارهای کنترلی مناسب پیشنهاد می‌شود (۸، ۱۲ و ۱۳). ذکر این نکته ضروری است که یک وظیفه ممکن است در یک و یا چند مرحله از هشت مرحله به شرح ذیل قرار گیرد:

۱- مشاهده سیستم: در این مرحله کاربر باید علایم

۱. ساری در سال ۱۹۷۴ خطای انسانی را با توجه به مراحل پردازش اطلاعات به سه دسته شامل: خطا در تشخیص، خطا در تصمیم‌گیری و خطا در اجرا تقسیم کرد.

۲. Skill, rule and knowledge-based error. این طبقه بندی در سال ۱۹۷۹ توسط راسموسن مطرح شد و طی آن سلسله مراتب ذیل برای رفتار انسان در

نظر گرفته شده است که در هر سطح خطاهای متفاوتی می‌تواند رخ دهد: ۱- سطح مبتنی بر مهارت، ۲- سطح مبتنی بر قاعده و قانون و ۳- سطح مبتنی بر دانش.

۷- مرحله انتخاب روش: در این مرحله باتوجه به اهداف و وظایفی که برای کنترل شرایط بحرانی و برگرداندن آن به حالت اولیه در نظر گرفته است بهترین روش برای رسیدن به این وضعیت انتخاب می‌شود.

۸- مرحله اجرای روش: آخرین مرحله از فرایند تصمیم‌گیری، اجرای روشی است که برای روبرو شدن با شرایط بحرانی انتخاب شده است در اینجا کاربر تمام توان خود را برای بازگردان آن به حالت عادی به کار برده و تصمیم خود را به اجرا می‌گذارد، در واقع این مرحله نتیجه کار را مشخص می‌کند.

### یافته‌ها

در این بخش به علت زیاد بودن نمودارهای H.T.A یک نمونه از نمودار H.T.A مربوط به وظیفه کنترل فرایند بازیافت گوگرد ارایه گردیده است که خود به زیروظایف کنترل عملیات تقسیم شده که این زیروظیفه دارای وظایف جزئی‌تری از جمله تنظیم و کنترل پارامترها و نظارت مستمر بر آنها از طریق برد اتاق کنترل می‌باشد که خود دارای ۱۵ زیر وظیفه دیگر است. همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود یکی از زیروظایف آن وظیفه پایش فشار در کوره 2H-901 از طریق ثباتگر و کنترلر فشار PRC.H901 می‌باشد که با شناسه خطا ۱-۱-۱-۱ مشخص شده است و همچنین وظیفه پایش فشار در راکتور ۲۷-903 و پایش فشار در راکتور ۲۷-904 که با کدهای ۱-۱-۱-۵ و ۱-۱-۱-۶ مشخص شده است که به علت انبوه کار برگ‌های HEIST در این مقاله خطای انسانی احتمالی این وظیفه‌ها به عنوان نمونه کاربرگ‌های

هشداردهنده که شامل چراغ زرد رنگ خطر است را ردیابی و شناسایی کند. روشن شدن آن نشان‌دهنده انحراف سیستم از وضعیت عادی است.

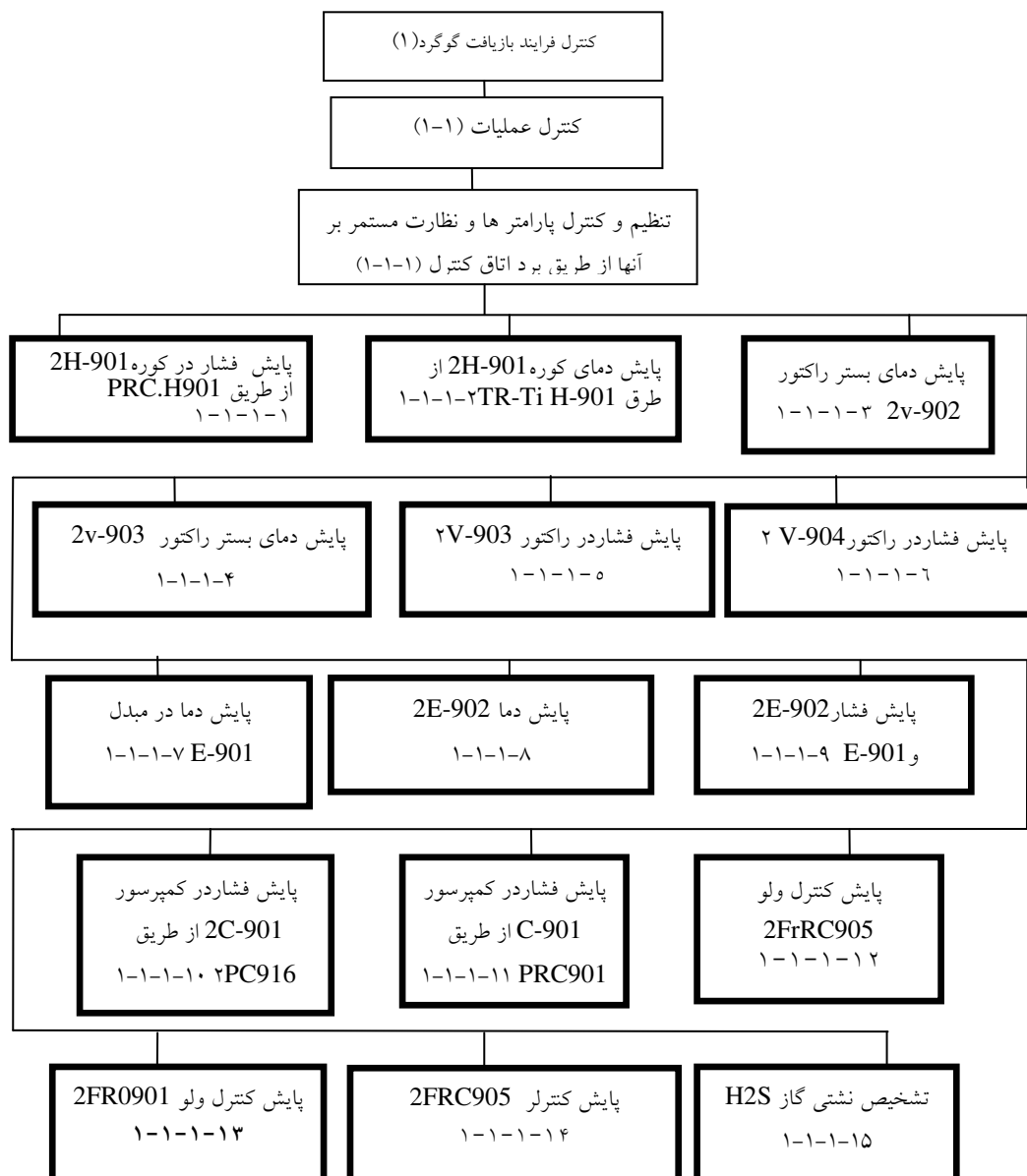
۲- مرحله مشاهده و جمع‌آوری اطلاعات: بعد از ردیابی و شناسایی علایم هشداردهنده صوتی و تصویری، کاربر بایستی با بهره‌گیری از نشان‌گرها و کنترل‌های دیگر، اطلاعات خود را در ارتباط با شرایط مورد نظر تکمیل نماید این کار در مرحله مشاهده و جمع‌آوری اطلاعات انجام می‌شود.

۳- مرحله تشخیص وضعیت: کاربر بعد از ردیابی علایم هشداردهنده بایستی کاملاً متوجه شرایطی که در آن قرار دارد باشد.

۴- مرحله تفسیر وضعیت: در این مرحله با تشخیص وضعیت سیستم، کاربر استنباط خود را از شرایط موجود بیان می‌کند در واقع به علت و چگونگی انحراف سیستم از حالت عادی می‌پردازد.

۵- مرحله ارزیابی وضعیت: در این مرحله کاربر با در نظر گرفتن تمام جوانب کار و با استفاده از مجموعه اطلاعاتی که در مراحل قبل به دست آورده است شرایط بحرانی پیش‌آمده و نحوه مواجهه با آنها را مورد بررسی قرار می‌دهد.

۶- انتخاب هدف و بیان وظیفه: در این مرحله کاربر شرایط سیستم را کاملاً درک کرده است، محدودیت‌ها و امکانات موجود را برای برگرداندن سیستم به حالت عادی می‌داند و بایستی در مورد نحوه رسیدن به آن حالت تصمیم درستی بگیرد و هدف و تکلیف خود را مشخص کند.



نمودار ۱- H.T.A مربوط به وظیفه کنترل فرایند بازیافت گوگرد

۴۷ - مورد خطا در مرحله اجرای روش از میان هشت مرحله فرایند تصمیم‌گیری بود که مربوط به دستورالعمل‌ها می‌باشد. این نوع خطا بیشترین نوع خطا در میان ۲۱۹ نوع خطای شناسایی شده بود که یافته‌های به‌دست‌آمده از کاربرگ‌های HEIST نشان داد که در شرایط اضطراری روش انتخابی برای مقابله با حوادث به‌طور صحیح اجرا نمی‌شد و یا روش اشتباهی اجرا می‌گردید که این خطاها

HEIST به‌صورت جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. در این جداول علاوه بر شناسایی خطا پیامدهای ناشی از خطا و همچنین راه‌کارهای کنترلی برای پیشگیری و کاهش وقوع هریک از خطاهای شناسایی شده نیز ارائه شده است. در مطالعه حاضر، در مجموع ۲۱۹ خطا براساس کاربرگ‌های HEIST شناسایی گردیده است که مهم‌ترین آن‌ها به‌ترتیب عبارتند از:

اهمیت، عملیات مناسب را برای برگرداندن سیستم به حالت عادی انجام دهد.

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود علایم هشداردهنده صوتی و تصویری مربوط به افزایش فشار کوره به علت نقص فنی به موقع عمل نمی کردند و برخی از آن ها از مدار خارج شده بود و هیچ گونه علایمی به اتاق کنترل ارسال نمی شد. همچنین همانطور که در جدول ۱ نیز مشاهده می شود کاربر ممکن است در یک زمان با محرک های زیای مواجه شود و در نتیجه قادر به پاسخ گویی مناسب به آن ها نباشد و دچار اشتباه و خطا شود.

طبق جدول ۲ بیشتر هشداردهنده ها محل وقوع نقص و ایراد سیستم را نشان نمی دهند، به طوری که سیستم هشداردهنده مربوط به افزایش فشار نشان نمی دهد که افزایش فشار در کوره و یا در راکتورها و یا سایر قسمت های دیگر سیستم اتفاق افتاده به طوری که افزایش فشار ممکن است به علت از کار افتادن کمپرسور هوا و یا گرفتگی برنرها به علت ناخالصی های موجود ورودی به داخل کوره و یا به علت گرفتگی راکتورهای ۲۷۹۰۲ و ۲۷۹۰۳ در اثر گوگردهای مذاب یا در اثر سوختن کتالیست داخل راکتور باشد که ممکن است موجب افزایش  $\Delta P$  شده باشد، که احتمال انفجار کوره و راکتور وجود دارد. در این قسمت نشان گره های موجود در اتاق کنترل نشان نمی دهد که نقص مربوط به کدام قسمت راکتور ۲۷۹۰۲ و ۲۷۹۰۳ می باشد، به همین علت مبدل شماره ۱ و ۲ را هم باز کردند، در این جا احتمال دارد در داخل مش های راکتور ۲۷۹۰۴ گرفتگی وجود داشته باشد

به علت در دسترس نبودن دستورالعمل های مکتوب و یا عدم آموزش دستورالعمل های مناسب درخصوص انتخاب روش مناسب مقابله با حوادث می باشد.

۳۲- مورد خطا در مرحله اجرای روش مربوط به تأثیر زمان بود، بدین معنی که در شرایط اضطراری روش مناسبی برای مقابله با حوادث و برگردان سیستم به وضعیت عادی انتخاب می شود ولی به موقع اجرا نمی شد که علت آن عدم آموزش دستورالعمل های مناسب و نحوه اجرای به موقع آن بود.

۲۶ - مورد خطا در مرحله مشاهده و جمع آوری اطلاعات مربوط به تعامل با علایم و نشانگرها بود.

۲۴- مورد خطا در مرحله مشاهده سیستم مربوط به تعامل با علایم و نشانگرها بود.

مشاهده گردید که پس از خطا در اجرای روش به علت در دسترس نبودن دستورالعمل های مناسب بیشترین خطاها از دیدگاه روش HEIST به ترتیب مربوط به اجرا نشدن روش در زمان مقرر و خطای مربوط به عدم جمع آوری اطلاعات لازم به علت نامناسب بودن و یا وجود نقص و ایرادات در نشان گرها و علایم هشداردهنده و خطای مربوط به مشاهده سیستم به علت نقص و نامناسب بودن علایم هشداردهنده و نشان گرها بود. کیفیت برخی از نشان گرها پایین است و در نتیجه کاربر ممکن است ضعیف بودن علامت را نشانه کاذب بودن آن بداند و به آن اهمیتی ندهد و صدای آژیر هشداردهنده ها همگی به یک صورت بود که در مواقعی که چندین هشداردهنده یک باره به صدا در می آمد و کاربر نمی توانست آن ها را تشخیص داده و براساس



## جدول ۱- نمونه ای از کاربرد HEIST تکمیل شده

تاریخ:		برگه کار HEIST						
جدول شماره 1		نام وظیفه شغلی اصلی: تنظیم و کنترل پارامترها و نظارت مستمر بر آنها از طریق برد اتاق کنترل						
صفحه: ۹		تهیه کننده:						
وظیفه شغلی	مراحل تصمیم گیری	عامل موثر بر عملکرد	سوالات راهنما	تظاهر بیرونی خطا	توضیح خطا	مکانیسم روانشناختی و سیستمی خطا	پیامد خطا	پیشنهادات
۱-۱-۱	مشاهده سیستم	تعامل با علائم و نشانگرها	آیا علائم هشدار دهنده به علت نقص الکترونیکی یا مکانیکی ظاهر نمی شود	عمل ظاهر شدن علائم انجام نمی شود، زودتر یا دیرتر از موعد مقرر انجام می شود	برخی از هشدار دهندها به علت نقص فنی از مدار خارج شده بود و علائمی به اتاق کنترل ارسال نمی شده	اشکال در منبع ارسال علامت	افزایش فشار در کوره ممکن موجب پاره شدن تیوپها و انفجار آتش سوزی و یا نشت مواد سمی شود	از منابع سیگنال دهنده کمکی و متنوع استفاده کنید، از سیستم سیگنال دهنده با قابلیت اعتبار بالا استفاده کنید، آموزش دهید، اطمینان حاصل کنید که روش های متشکله برای بازرسی، علامت no signal را کنترل کنند.
۱-۱-۱	مشاهده سیستم	سازماندهی شغل	آیا اپراتور به طور همزمان وظایف دیگری نیز بر عهده دارد	عمل انجام نمی شود. بر روی مورد اشتباه انجام می شود	اپراتور ممکن است در یک زمان با محرکهای زیادی مواجه شود و در نتیجه قادر به پاسخگویی مناسب به آنها نباشد	اپراتور بیش از حد سرش شلوغ است و یا در معرض همزمان علائم مختلف قرار می گیرد	افزایش فشار در کوره به موقع پیگیری نمی شود	آموزش ها باید بر اساس اهمیت سیگنال ها اولویت بندی شوند، سازماندهی وظایف برای متصدیان را بهبود بخشید، از کمک کنندگان به حافظه استفاده کنید، سیستم اتوماسیون بکار بگیرید، متصدیان انعطاف پذیر بکار گمارید

به علت نقص کدام قسمت است که موجب سردرگمی کاربر در عملکرد و برطرف کردن نقص می شود. با توجه به این موضوع در اینجا ممکن است یک نقص که اهمیت کمتری دارد باعث افزایش فشار را نشان دهد که کاربر از

و همچنین ممکن است که کوره اشغال سوز شماره ۲E۹۰۱ دچار مشکل شود که همه این نواقص افزایش فشار را در داخل اتاق کنترل نشان می دهند اما نشان نمی دهند که افزایش فشار مربوط به کدام قسمت و یا

جدول ۲۱- نمونه ای دیگر از کاربرد HEIST تکمیل شده

تاریخ: جدول شماره ۲ صفحه: ۱۰		برگه کار HEIST						
		نام وظیفه شغلی اصلی: تنظیم و کنترل پارامترها و نظارت مستمر بر آنها از طریق برد اتاق کنترل تهیه کننده:						
ردیف	مراحل تصمیم گیری	عامل موثر بر عملکرد	سوالات راهنما	تظاهر بیرونی خطا	توضیح خطا	مکانیسم روانشناختی وسیستمی خطا	پیامد خطا	پیشنهادات
۱-۱-۱	مشاهده سیستم	پیچیدگی شغل	ایا ردیابی وضعیت سیستم از روی علائم هشدار دهنده تابلوی کنترل به سادگی میسر است ( برای مثال آیا روشن و خاموش شدن چراغ مربوط به ظاهر شدن افزایش فشار کوره می تواند دلیل دیگری نیز داشته باشد .	عمل ردیابی وضعیت سیستم انجام نمی شود، دیرتر یا زودتر از موعد مقرر انجام می شود بر رو ی مورد اشتباه یا در مسیر اشتباه انجام می شود.	اکثر هشدار دهنده ها محل نقص را نشان نمی دهد به طوری که افزایش فشار در کوره ممکن است مربوط به نقص راکتور ها باشد.	فشار کاربر روی اپراتور بیش از حد توان است، اپراتور توانایی درک شرایط پیچیده مورد نظر را ندارد. آتش سوزی ویا نشت مواد سمی شود.	افزایش فشار در کوره ممکن است مربوط به نقص راکتور ها باشد.	علائم را ساده کنید ، سیستم پاسخگویی را اتوماتیکی کنید. در مورد خصوصیت سیگنال ها آموزش مناسب دهید. پشتواره های تشخیصی واتوماتیکی را online فراهم کنید. دستور العمل هایی را که باعث تسریع در امر آنالیز و تجزیه و تحلیل سیگنالها می شوند برای مثال فلوجارت ها را توسعه دهید.
۱-۱-۱	مرحله مشاهده و جمع آوری اطلاعات	تعامل با علائم و نشانگرها	آیا ممکن برخی اطلاعات با ارزش به علت عمل نکردن یا بروز نقص در صفحات PRC.H901 از دست می رود و خواندن اطلاعات دچار مشکل شود.	عمل مورد نظر انجام نمی شود ، دیرتر یا زودتر از موعد مقرر انجام می شود بر رو ی مورد اشتباه یا در مسیر اشتباه انجام می شود.	ممکن است خود نشانگر دچار نقص شده باشد.	اشکال در منبع ارسال علامت ممکن است موجب پاره شدن تیوپها وانفجار ، آتش سوزی شود.	افزایش فشار در کوره ممکن است موجب پاره شدن تیوپها وانفجار ، آتش سوزی شود.	از منابع سیگنال دهنده متنوع استفاده کنید. منبع تامین نیروی کمکی برای سیگنال ها داشته باشید. به طور دوره ای و به صورت دستی چک کنید. دستورالمعمل ها باید فعالیت های را که باید در صورت بروز نقص سیگنال ها صورت گیرد را بیان و مشخص کنند. حفاظت اتوماتیکی را مهندسی کنید. از یک سیستم با قابلیت اعتبار بالا استفاده کنید.

کوره و راکتور و دیگر اجزای سیستم همگی در یک جا قرار داشتند و همه آنها صدا، رنگ و شکل یکسانی داشتند.

براساس نتایج به دست آمده از کاربرگ‌های HEIST برای پیشگیری از خطای انسانی و در پی آن بروز حوادث پیشنهادهای ذیل ارائه می‌گردد:

۱- نصب ثباتگر دما، فشار و فلو در مسیر راکتورهای ۲۷-۹۰۲، ۷-۹۰۳، ۲۷-۹۰۴ و ۲E ۹۰۱ تا از طریق پانل اتاق کنترل، کنترل شود؛

۲- نصب آنالیزور فشار در ورودی کوره تا بدین ترتیب بتوان فشار کوره را تشخیص داد؛

۳- نصب تعدادی نشان‌گرهای دما در ورودی و خروجی کوره و مجهز کردن نشان‌گرها به آلام

۴- نصب آنالیزور دما و فشار روی راکتورهای ۲۷-۹۰۲ و ۷-۹۰۳.

- کلیه آلام‌های اضطراری و عملیاتی می‌بایست از یکدیگر مستقل و قابل تشخیص باشند.

- می‌بایست تمهیداتی برای هوشیاری کاربر در مواقعی که نقصی در سیستم هشداردهنده‌ها وجود دارد در نظر گرفته شود.

- هر کدام از آلام‌ها می‌بایست دارای یک دستورالعمل کتبی قابل فهم در مورد واکنش کاربر نسبت به آنها باشد.

- آلام‌ها می‌بایست طوری ارائه شوند که از دیگر آلام‌ها به راحتی قابل تشخیص باشند و در مواقعی که آلام‌ها فعال هستند در معرض دید باشند.

- کلیه آلام‌ها می‌بایست براساس اهمیت شرایط اضطراری و واکنش کاربر اولویت بندی شوند و فرکانس

آن خبر دارد و هم‌زمان با این نقص یک مشکل یا ایراد حادی نیز در سیستم به وجود بیاید کاربر این بحران را نتواند تشخیص دهد و افزایش فشار را بر پایه آن نقص کم‌اهمیت بگذارد.

طبق جدول ۲ در برخی موارد اطلاعات با ارزش به علت عمل نکردن و یا بروز نقص در صفحات نشان‌گرها از بین می‌رود و یا ثبت نمی‌شود و کاربر را در هنگام مشاهده سیستم و یا جمع‌آوری اطلاعات دچار اشتباه می‌کند.

طبق جداول HEIST روش‌ها و دستورالعمل‌های مکتوبی مبنی بر این که کاربر بعد از شنیدن صدای علامت هشداردهنده و یا مشاهده چراغ چشمک‌زن چه وظیفه‌ای را باید انجام دهد وجود نداشت.

طبق جداول HEIST تقسیم وظایفی بین کارکنان واحد وجود نداشت که این امر موجب می‌شد که بازدید از علایم و نشان‌گرها و جمع‌آوری اطلاعات به موقع صورت نگیرد.

بر اساس جداول HEIST کیفیت علامت ارسالی پایین بود که کاربر اعتمادی به آن نداشت به طوری که برخی از هشداردهنده‌ها به علت نقص فنی به صورت روشن می‌ماند که این امر باعث می‌شد که در هنگام شرایط بحرانی کاربر با فرض کاذب بودن علامت ارسالی به آن توجه ننماید.

طبق جداول HEIST همه علایم هشداردهنده به صورت مشابه عمل می‌کردند و جایگاه خاصی نداشتند و براساس اهمیت شرایط ارسال علامت طبقه‌بندی نشده بودند، به طوری که علایم هشداردهنده مربوط به دمای

صوتی آلامها بر این اساس اولویت بندی شود.

- در مورد وضعیت های مهم می بایست آلام هم صوتی و هم تصویری باشد.

- استفاده از کنترلرها و نشانگرهایی که علاوه بر بالا بودن کیفیت صرفاً برای وظیفه مورد نظر طراحی شده باشند.

- محل قرارگیری نشانگرها و کنترلرها در روی تابلوی کنترل بایستی به ترتیبی باشد که به سهولت در معرض دید قرار بگیرد و کاربر با کمترین تلاش به آنها دسترسی پیدا کند.

- به منظور تصمیم گیری به موقع و صحیح در حین انجام کار به ویژه در شرایط بحرانی کاربر بایستی علاوه بر تابلوی کنترل به منابع و امکانات بیشتر نظیر تجهیزات مدار بسته برای مشاهده درون کوره ۲C۹۰۱ و راکتورهای V-۹۰۲، V-۹۰۳، اشغال سوز ۹۰۱، ۲E، پردازشگر و چاپگر دسترسی داشته باشد.

- در اتاق فرمان بایستی کلیه دستورالعملها، آیین نامهها و روش های انجام کار در شرایط عادی و اضطراری مطابق با وظایف کاربر در دسترس باشند و مهم تر از آن در صورت نیاز به طور کامل اجرا گردند. همچنین کاربر نباید به هر علتی روش هایی را اجرا نماید که مستلزم قبول خطر باشد.

## بحث

همان طور که در مقدمه ذکر شد دویتچو و همکارانش در سال ۲۰۰۶ برای آنالیز حوادث و رویدادها در دو نیروگاه آبی در بلغارستان در یک مطالعه مورد پژوهشی از روش

HEIST، HTA و FTA استفاده کردند. آنها از HTA برای پیدا کردن وظایفی که در طول انجام وظایف مستعد به ایجاد حادثه بودند استفاده کردند. برای یافتن رویدادهایی که ریشه آنها خطای انسانی است از روش FTA استفاده کرده، سپس از روش HEIST برای یافتن انواع خطاهای انسانی استفاده کردند. آنها در این مطالعه عنوان کردند که روش HEIST به همراه روش های دیگری چون FTA می تواند روش خوبی برای شناسایی و پیش بینی خطای انسانی باشد. در این مطالعه عنوان شده است به علت زمان بر بودن این روش ابتدا روش FTA برای شناسایی ریشه حوادث احتمالی به کار رفت و سپس برای شناسایی علل روان شناختی و سیستمی خطای انسانی از روش HEIST استفاده شد (۱۰).

همچنین هانسزولیو و همکارانش در سال ۲۰۰۴ در صنایع نیمه هادی سازی در تایوان از روش HEIST برای شناسایی خطای انسانی استفاده کردند و برای کاهش حوادث از این طریق خطاهای انسانی که منجر به حوادث می شدند را شناسایی کردند. در این مطالعه عنوان شده است علت استفاده از روش HEIST به این دلیل بود که با این روش به خوبی می توان خطای انسانی را از دیدگاه سیستمی و روان شناختی مورد بررسی قرار داد و همچنین بیان شده که این روش زمان بر می باشد که برای غلبه بر این مشکل پژوهشگران دو سناریو انتخاب کرده و خطاهای انسانی احتمالی را در دو سناریو انتخابی مورد بررسی قرار دادند (۵).

همچنین استانتون در سال ۲۰۰۵ برای شناسایی خطای انسانی در کابین هواپیما از سه روش HEIST،

هدایت شود که در این خصوص روش یادشده راه کاری  
ارایه نداده بود و پیشنهاد می شود با توجه به روش  
HEIST و براساس ماهیت کار پالایشگاه روش جدیدی  
که مختص اتاق های کنترل پالایشگاه نفت باشد ابداع  
گردد و یا طبق نظر دویتچو و همکارانش در سال ۲۰۰۶،  
روش HEIST به همراه یک روش مناسب دیگری استفاده  
گردد تا بتواند کلیه فعالیت های کاربر در محوطه را نیز در  
بر گیرد.

### نتیجه گیری

در مجموع روش HEIST می تواند عملاً خطاهای انسانی  
را از دیدگاه سیستمی و روان شناختی در اتاق کنترل های  
پالایشگاه پیش بینی کند، برای کارا بودن بیشتر روش در  
اینجا نیاز به یک سری تغییرات در سؤالات خطا و  
همچنین دستورالعمل های کاهش خطا براساس فیلد مورد  
مطالعه و سناریوی انتخابی می باشد، همچنین پیشنهاد  
می شود برای استفاده بهتر و راحت از این روش ابتدا یک  
یا چند سناریو تعریف شود، سپس از این روش برای  
بررسی خطاهای احتمالی در آن سناریو استفاده گردد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل انجام پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد  
دانشکده علوم پزشکی مصوب تاریخ ۱۳۸۵/۱۰/۱۲ به  
شماره ۱۵۰/۵۹۱۹۰ دانشگاه تربیت مدرس می باشد،  
بدین وسیله از همکاری و مساعدت این دانشگاه و  
همچنین واحد HSE پالایشگاه تشکر می شود.

HUMANHAZOP و SHERPA استفاده کردند و کارایی  
این سه روش را مورد بررسی قرار دادند، در این مطالعه  
به این موضوع اشاره شده است که روش HEIST روش  
کاملی برای شناسایی خطای انسانی در کابین هواپیما  
نمی باشد به طوری که این روش برای بررسی خطا در  
اتاق کنترل نیروگاه اتمی طراحی شده است و هر مکانی  
خطاها و دستورالعمل های کاهش خطای خاص خودش را  
دارد و از طرفی به کارگیری روش HEIST زمان بر  
می باشد. در این مطالعه ذکر شده است روش جدیدی که  
ابداع شده مشابه روش HEIST می باشد اما مختص  
شناسایی خطای انسانی در کابین هواپیما است (۷).

بر اساس مطالعه روش های مختلف و با توجه به این  
که HEIST روش مناسب است برای شناسایی خطاهای  
انسانی در اتاق کنترل که قلب تپنده یک سیستم به شمار  
می رود از این روش برای شناسایی و ارزیابی خطای  
انسانی در اتاق کنترل واحد بازیافت گوگرد پالایشگاه  
نفت تهران استفاده گردید (۹-۶).

همان طور که استانتون در سال ۲۰۰۵ عنوان کرده بود  
به کارگیری این روش به علت سؤالات زیاد و استوار  
بودن آن براساس HTA بسیار زمان بر بود که کروان در  
سال ۱۹۹۴ پیشنهاد کرده بود بهتر است این روش  
به صورت یک نرم افزار کامپیوتری طراحی شده و به کار  
رود و از طرف دیگر به علت ماهیت کار پالایشگاه که  
علاوه بر این که کار از طریق اتاق کنترل هدایت می شود  
ولی گاهی نیاز بر این است که ولوها و شیرها توسط  
کارمند محوطه از طریق محوطه سایت به صورت دستی

**Abstract:*****Identification and Assessment of Human Errors in SRP Unit of Control Room of Tehran Oil Refinery Using HEIST Technique (2007)***

*Mortazavi, S.B.<sup>1</sup>; Mahdavi, S.<sup>2</sup>; Asilian, H.<sup>3</sup>; Arghami, S.<sup>4</sup>; Gholamnia, R.<sup>5</sup>*

*1. Associate professor of occupational hygiene, School of Medicine, Tarbit Modarres University*

*2. Faculty member, School of Public Health, Bandar Abas University of Medical Sciences*

*3. Assistant professor of occupational hygiene, School of Medicine, Tarbiat Modarres University*

*4. Assistant professor of occupational hygiene, Zanjan University of Medical Sciences*

*5. PhD student of occupational hygiene, School of Medicine, Tarbit Modarres University*

**Introduction:** *In line with the man's access to new sources of energy and the development of highly sophisticated technology, human element is assigned a more critical role in operating and controlling the systems. Today in most work environments including nuclear, military and chemical industries a human error could result in a catastrophic event. It is for this reason that the identification of the human errors and prediction of necessary prevention strategies especially in highly sophisticated systems becomes a must-do. This qualitative study is aimed to identify and evaluate the human errors in control room of sulfide recovery unit of Tehran Oil Refinery.*

**Materials and methods:** *We had 13 participants in this study. With the help of the supervisor of the unit and also through direct observation of the activities plus individual interviews, potentially dangerous jobs in terms of causing accidents were identified. The data were then analyzed by H.T.A and the results were presented in H.T.A charts. Types of possible human errors in stages of work were identified by HEIST and also considering the factors affecting the operator including the interaction with signals and controllers. Job organization and task complexity were identified. Deviation of each from normal situation was determined using clues. Information was then transferred to HEIST work sheet for the investigation of systematical and psychological causes of the human errors.*

**Results:** *Based on the analysis of the HEIST work sheets, a total of 219 errors were identified. 47 of the errors were the result of the wrong performance of the procedure plus performing a wrong procedure. 32 errors were caused by not performing the method in due course, with 26 cases because of the interaction between the operator and the signals.*

**Conclusion:** *Our results showed that the selected procedures to encounter incidents during emergencies either were not carried out properly or were wrong procedures. In some cases where the procedure was right in itself, it was not performed at the right time. Lack of access to instruction manuals, good education and the right timing resulted in the errors. Errors of the interactions with signals were caused when the signals were not in service or there was a technical problem.*

**Key Words:** *Human Error, accident, HEIST, HTA*

## منابع

1. Kariuki SG, Löwe K. Integrating human factors into process hazard analysis. *Reliability Engineering and Safety* 2007; 92(12):1764-73
2. Heinrich HW. Industrial accident prevention: In: Grimaldi J, Simonds R, editors. *Safety management*. Homewood: IL, Richard D; Irwin, Inc; 1973, P.211
3. John W, Debbie L. Better alarm handling: a practical application of human factors. *Measure Control J* 2002; 35:52-62
4. Feyer AM, Williamson AM, David R. The involvement of human behavior in occupational accident error in context. *J Safety Sci* 1997; 25(1-3):55-65
5. Hunszu L, Sheue L. Implementation of human error diagnosis (HED) system. *J Chinese Institute Ind Eng* 2004; 21(1):82-91
6. Johan A, Stanton N. *Task Analysis (Hardcover)*. New York: CRC Press; 2000, PP.2-23
7. Kirwan B. Human error identification technique for risk assessment of high system: part 2- toward a framework approach industrial ergonomic group. *Applied Ergonomics J* 1998; 29(5):299-319
8. Kirwan B. *A guide to practical human reliability assessment*. London: Taylor and Francis; 1994, PP.130-39, 413-20
9. Karwowski W. *The occupational ergonomics handbook*. New York: CRC Press; 1998, PP.620-25
10. Doytchev D. Combining task analysis and fault tree analysis for accident and incident analysis: a case study from Bulgaria. *Accident Anal Prev* 2008; 14(40):1256-63
11. Kirwan B, Ainsworth LK. *A guide to task analysis*. London: Taylor and Francis; 1992, PP.104-18
12. Stanton NA, Harrist D, Demagalskit JM. Predicting design induced pilot error using HET (human error Salmon template): a new formal human error identification method for flight decks. *Aeronautical J* 2006; 3026:107-15
13. Shorrock ST, Kirwan B. Development and application of human error identification tool for air traffic control. *Applied Ergonomics J* 2002; 33:319-36