● مجلهٔ دانشگاه علوم پزشکی بابل، دوره نهم، شمارهٔ ٤، مهر – آبان ١٣٨٦، صفحه ٣٩-٤٦
دریافت: ٨٥/٩/١٣، ارسال جهت اصلاح: ٨٥/٩/٢٩، پذیرش: ٨٦/٨/٢

شناسایی و ارزیابی ایمنی کانونهای خطر (جریانهای ناخواسته انرژی) در یکی از طرح های پتروشیمی به روش ET&BA

سیدباقر مرتضوی[1]، عباس زراء نژاد [*2]، علی خوانین[3]، حسن اصیلیان مهابادی[3]

١- کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای دانشگاه تربیت مدرس ٢- دانشیار گروه بهداشت حرفه ای و محیط دانشگاه تربیت مدرس
٣- استادیار گروه بهداشت حرفه ای و محیط دانشگاه تربیت مدرس

سابقه و هدف: فاز ساخت و ساز یکی از مراحل بسیار پرمخاطره صنعتی است که همراه با آسیب های جزئی تا شدید می باشد و سهم قابل ملاحظه ای از زمانهای از دست رفته کار را شامل می شود. با توجه به اهمیت، گستردگی و تعدد پروژه های در حال ساخت پتروشیمی در کشور، این مطالعه با هدف تعیین پتانسیل خطرات و کاستن از حوادث کاری انجام شد.

مواد و روشها: در این تحقیق ارزیابی ایمنی با روش ردیابی انرژی و واکاوی حفاظ ها (ET&BA) و ارزیابی ریسک های شناسایی شده به روش کیفی انجام گردیده است. بدین منظور از ماتریکس ریسک ارایه شده در استاندارد MIL-STD-882E بهره گرفته شده است که بر اساس طبقه بندی کیفی شدت و احتمال بروز ریسک و معیارهای ریسک پذیری طراحی گردیده است.

یافته ها: در مجموع ١٤٤ کانون خطر شناسایی شد که ٦٨٪ آنها در منطقه ریسک بالا، ٣٠٪ در منطقه ریسک مهم و ٢٪ در منطقه ریسک متوسط قرار داشتند. در این میان کار روی داربست با ٢٣ مورد، بیشترین تعداد ریسک های بالارا در برداشته و عملیات حفاری و گودبرداری، کار در ارتفاع (تاسیسات مرتفع)، فعالیت های الکتریکی و عملیات جوشکاری و برشکاری نیز به ترتیب با ٢١،١٩، ١٣ و ١١ مورد ریسک بالا در درجه بعدی اهمیت قرار می گیرند. نتایج نشان می دهد که ٩٨ درصد خطرات شناسایی شده در محدوده ریسک های بالا و مهم قرار دارند که زمینه ساز بروز حوادث متعدد می باشند.

بحث و نتیجه‌گیری: این تحقیق اعمال اقدامات کنترلی مناسب از طریق برقراری سیستم های نظارت و بازرسی، انجام تعمیرات پیشگیرانه و استفاده از تکنیک ها و روش های ایمن و استاندارد انجام کار را جهت کاهش ریسک مخاطرات احتمالی ضروری می داند.

واژه های کلیدی: *فاز ساخت و ساز، روش ردیابی انرژی و واکاوی حفاظ ها(ET&BA)، ارزیابی ریسک، حوادث، پتروشیمی.*

مجلهٔ دانشگاه علوم پزشکی بابل، دوره نهم، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۸۶، صفحه ۳۹-۴۶

مقدمه

فاز ساخت و ساز در صنایع، فرایند پویایی است که به طور ذاتی با خطراتی همراه بوده و عموما در صورت پیچیده تر شدن، با نرخ بالاتری از حوادث روبروست. به طوری که سازمان بین المللی OSHA تعداد حوادث منجر به فوت در این صنایع را به طور متوسط بیشتر از ٢٠٠٠ مرگ در هرسال ذکر می کند (١و٢). طبق گزارش صنعت ساختمان در امریکا به طور متوسط از هر شش کارگر یک نفر از صدمات و بیماری‌های شغلی در طول سال رنج برده و از هر ١۶ نفر، یک نفر آسیب جدی می‌بیند. به طور متوسط کارگران ساخت و

ساز حدود ۱/۲ روز خود را در نتیجه صدمات کاری از دست می‌دهند. درخصوص مقایسه حوادث تلخ در صنایع شاغل در مرحله ساخت و ساز سالانه نیز گزارش این مرکز نشان‌دهنده آن است که نرخ حوادث منجر به فوت در فاز ساخت و ساز بیش از شش برابر کارگران تولیدی است، لذا سنگینی هزینه های مادی و معنوی ناشی از حوادث شغلی، متخصصین و کارشناسان را به فکر چاره اندیشی برای جلوگیری از حوادث انداخته است (۱و۳). به عنوان مثال از زمان شروع به ساخت مطالعه (کمتر از ۴ سال) حوادث زیادی رخ داده است و حدود ۵۰ مورد از آنها به فوت پروژه مورد نظر در این آسیب های ناتوان کننده منجر شده است. اگر در بررسی تعداد حوادث منجر به فوت از هرم های بررسی حوادث استفاده شود، اهمیت موضوع دو چندان خواهد شد. به طوریکه با استفاده از هرم Tye/Pearson پیش بینی می شود که به ازای هر حادثه شدید یا منجر به فوت سی حادثه جزیی، پنجاه حادثه نیازمند کمک های اولیه، هشتاد حادثه آسیب رسان به تجهیزات و اموال و چهارصد شبه حادثه روی دهد. با یک محاسبه ساده متوجه می شویم که احتمالا طی این مدت به ازای وقوع حداقل ۵۰ حادثه منجر به فوت ۱۵۰۰حادثه جزئی، ۲۵۰۰ حادثه نیازمند کمک های اولیه، ۴۰۰۰ حادثه آسیب رسان به تجهیزات و اموال و ۲۰۰۰۰ شبه حادثه رخ داده است. اعداد و ارقام فوق بیانگر این واقعیت است که فاز ساخت و ساز مرحله ای پرمخاطره و نیازمند توسعه استراتژی جهت کاهش نرخ حوادث بوده و باید از نظر ماهیت انرژی ها و خطرات ناشی از آنها مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد تا بتوان راهکارهای کنترلی مناسبی را در نظر گرفت.

بر این اساس با توجه به تنوع بسیار زیاد انرژی های مورد استفاده و لزوم شناسایی پتانسیل های خطر و پیش گیری از بروز حوادث، در این تحقیق شد که از تکنیک ردیابی انرژی و واکاوی حفاظها (ET&BA) استفاده شود. این روش یکی از کاربردی‌ترین و آموزنده‌ترین ابزارهای در دسترس محققین برای بررسی ایمنی سیستم‌هاست. در این تکنیک حادثه به عنوان رها شدن جریان ناخواسته‌ای از انرژی که بر اثر نامناسب بودن حفاظها به وقوع می‌پیوندد، تعریف می‌شود (۴). هم چنین در این رابطه مطالعه ای توسط اداره کار یکی از کشورهای آفریقایی در خصوص ارزیابی ایمنی پروژه های در حال ساخت با استفاده از روش ردیابی انرژی و واکاوی حفاظ ها و بررسی حوادث گذشته صورت گرفته است (۵).

هدف از انجام این مطالعه، ارزیابی ایمنی یکی از طرح های در حال ساخت و ساز صنایع پتروشیمی به منظور شناسایی و ارزیابی خطرات بکارگیری روش ET&BA بوده است.

مواد و روشها

مطالعه حاضر، به روش کیفی در طی سالهای ۸۵-۱۳۸۴ در منطقه عسلویه درون یکی از طرحهای در حال ساخت شرکت ملی صنایع پتروشیمی به انجام رسیده است. این مطالعه با استفاده از روش ET&BA و با مشارکت تیمی مرکب از هشت نفر از مدیران مهندسین و سرپرستان پروژه انجام شد. روش ردیابی انرژی و واکاوی حفاظها (ET&BA)[1] یکی از ساده‌ترین اشکال بسط یافته مدل انرژی است، که به عنوان ابزاری جهت تجزیه و تحلیل اصولی علل حوادث مورد استفاده قرار می‌گیرد و در اصل از تکنیک «پایش مدیریتی و درخت ریسک» (MORT) [2] منتج شده است (۶و۷). قبل از شروع کار انجام اقداماتی به منظور ایجاد آمادگی برای شروع واکاوی ضروری است. مثلاً در مورد دستگاه مورد مطالعه باید چه فرض‌هایی در نظر گرفته شود. یکی از نکات اساسی در این مرحله، به دست آوردن اطلاعاتی در مورد تأسیسات شامل نقشه‌های فنی آن و برخی عکس‌ها است.

در مورد تاسیساتی که موجود هستند می توان اطلاعات را با حضور در محل و مشاهده کسب کرد. همچنین در این مرحله باید ساختار موضوع مورد بررسی به بخش‌هایی تقسیم‌بندی شوند. هدف از این تقسیم‌بندی، سهولت در اجرای گام‌های بعدی است. عمدتاً تقسیم‌بندی سیستم، براساس چیدمان تجهیزات تأسیسات مورد مطالعه انجام می‌گیرد، پس از تقسیم‌بندی سیستم نوبت بازبینی می رسد. هیچ جزیی از سیستم نباید حذف شود. به این منظور پس از ساعتها بررسی کتابخانه ای و میدانی در خصوص اهم کارها محققان با تقسیم بندی زیر در خصوص بخش های مختلف پروژه ساختمانی (از نظر تقدم و زمانبندی اجرا) موافقت کردند. این تقسیم بندی شامل تجهیز کارگاه، انجام فعالیتهای هر بخش، پیش راه اندازی، راه اندازی و برچیدن کارگاه بوده است. تجهیز کارگاه شامل عملیات، اقدامات و تدارکاتی است که باید به صورت موقت برای دوره اجرا انجام شود تا آغاز کار عملیات پروژه نظیر استقرار ماشین‌آلات و

1. Energy Trace & Barrier Analysis
2. Management Oversight & Risk Tree

تامین نیروی انسانی، احداث راه‌های ارتباطی، انحرافی، دسترسی و غیره میسر شود.

دیسیپلین ها شامل فعالیت‌های اصلی یک پروژه می‌باشند که با توجه به ماهیت و شرایط کار به ترتیب انجام می گردند. فعالیت‌های پیش راه‌اندازی شامل پیش راه‌اندازی دستگاه‌ها، رفع نواقص، تکمیل مکانیکی، الکتریکی و ابزار دقیق کارها می باشد. فعالیت‌های برچیدن کارگاه شامل فعالیت‌هایی از قبیل جمع‌آوری مصالح، تجهیزات، تأسیسات و ساختمان‌های موقت، خارج کردن مواد زائد، مصالح، تجهیزات، ماشین‌آلات و تسطیح نمودن محل‌های تحویلی از کارفرما می‌باشد. فعالیت راه‌اندازی نیز شامل فعالیت های اساسی جهت راه‌اندازی قطعی کلیه واحدها بود. در این میان دیسیپلین ها به عنوان بخش اصلی و عمده یک پروژه و کانون اصلی خطرات محسوب می گردند. در این مرحله محققان ساختار دیسیپلین ها را به ترتیب به بخش‌های سیویل، سازه‌های فلزی، نصب تجهیزات مکانیکی، نصب تجهیزات برقی، ابزار دقیق، لوله کشی، رنگ آمیزی و عایق‌کاری تقسیم‌بندی کردند تا اجرای گام‌های بعدی با سهولت صورت پذیرد. تقسیم‌بندی سیستم، در این مطالعه عمدتا براساس تقدم زمانی عملیات انجام گرفت.

روش اجرای ET&BA شامل ۵ گام اساسی است.

گام اول، شناسایی انواع انرژی‌های موجود در سیستم است. برای اطمینان از این که تمام منابع انرژی شناسایی شده‌اند، باید چک لیست مناسبی از انواع انرژی‌های ممکن تهیه شود. جدول (۱) چک لیست به کار رفته در این تحقیق را نشان می دهد. یک انرژی نباید تنها به دلیل بعید بودن احتمال تماس آن با انسان کنار گذارده شود. در این مرحله با هدف شناسایی تمام انرژی های موجود در سیستم، فهرستی از تمام فعالیتهای انجام شده در هر دیسیپلین به شرح زیر تهیه شد.

سیویل: فعالیت‌هایی موقتی نظیر داربست بندی، حصارهای موقتی دور یک محوطه، نشانه‌گذاری‌ها، انبار کردن و تخلیه آبهای زیرزمینی و آبهای زائد، فعالیت‌های درزبندی، فعالیتهای بنایی، نازک‌کاری نما و نماسازی، فعالیتهای بتنی و فعالیتهای مربوط به نصب و احداث در و پنجره و ...

سازه های فلزی: احداث و نصب اسکلت های فلزی ساختمانهای صنعتی، سازه های فلزی ساختمان‌های صنعتی و غیرصنعتی، احداث و نصب تکیه‌گاه‌های فلزی، احداث و نصب تیرهای تقویتی، احداث و نصب تیرهای مهارکننده، اجرای دیواربندها و بادبندها و ...

نصب تجهیزات مکانیکی: نصب کلیه تجهیزات و ملحقات آن، مطابق لیست تجهیزات یک پروژه که نیاز به نصب دائم دارند. به استثنای تجهیزات بتنی، نصب تجهیزات ثابت و دوار، نصب دستگاه‌های سبک، سنگین و نیمه‌سنگین و ...

فعالیتهای برقی: کابل کشی ها مانند کابل های قدرت، کابل‌های کنترل، کابل‌های مخابرات، کابل‌های روشنایی،کابل‌های سیستم اطفاء حریق و غیره، نصب تابلوها مانند تابلوهای کنترل، تابلوهای توزیع برق U.P.S، تابلوهای مبدل فرکانس، برقراری سیستم‌های روشنایی و ...

فعالیت های ابزار دقیق: ابزار دقیق محلی شامل نصب قطعاتی برای اندازه‌گیری سطح مایع، سطح فشار، دما و اندازه‌گیری دبی، نصب شیرهای کنترل، شیرهای On/Off، شیرهای اطمینان و شیرهای برقی، نصب سیستم قطع اضطراری با کلیه ملحقات و تجهیزات جانبی و ...

فعالیتهای لوله کشی: نصب و احداث لوله‌های زیرزمینی، روی زمینی و لوله‌های فرایندی مشتمل بر انواع لوله‌ها، اجرای فعالیت‌های اطفاء حریق ازقبیل نصب واحداث لوله‌های دائمی آب آتش‌نشانی و...

فعالیت های رنگ آمیزی: شامل بلاستینگ و رنگ‌آمیزی سطوح تجهیزات، لوله‌ها، سطوح اسکلت فلزی، تکیه‌گاه‌ها و غیره به استثنای رنگ‌آمیزی دیوارها و ساختمان‌ها می باشد.

فعالیتهای عایق کاری: شامل عایق‌کاری تجهیزات، لوله‌های روزمینی، عایق دستگاه‌ها، تانک‌ها وسایر موارد مشابه می باشد.پس از این مرحله شرایط و ماهیت کار در سیستم مورد بررسی و با هدف تسهیل فرایند تحقیق از بین فعالیتهای بالا فعالیتهای داربست و کار روی داربست، کار در ارتفاع، حفاری، خاکبرداری و گودبرداری، فعالیتهای الکتریکی، عملیات جوشکاری و برشکاری، نظم و انضباط کارگاهی، حفاظ ماشین آلات، جرثقیل ها، فضای سربسته(محدود)، طناب‌ها، وسایل نقلیه و فرایندهای نگهداری، حمل، نقل و توزیع مواد قابل اشتعال به عنوان اهم فعالیتهای موجود در طول زمان اجرای پروژه در نظر گرفته شد و انرژی های ناشی از این فعالیتها به شرح ذیل شناسایی گردید:

۱- انرژی الکتریکی
۲- جرم/ جاذبه/ ارتفاع (m/g/h)
۳- انرژی جنبشی چرخشی
۴- انرژی جنبش خطی
۵- نم/ رطوبت
۶- ارتعاش
۷- انرژی ناشی از مواد شیمیایی (حاد و مزمن)
۸- فشار/ حجم/ حرکت جنبشی (P/V/KD)
۹-انرژی تابشی
۱۰- انرژی گرمایی

گام دوم، ردیابی انرژی‌ها در سیستم است. در این گام جریان هر یک از انرژی‌های موجود در سیستم با به کارگیری «منطق توالی» مورد واکاوی قرار گرفتند. بدین ترتیب هر نوع انرژی از زمانی که برای اولین بار وارد سیستم می‌شود یا در سیستم به وجود می‌آید، تا زمانی که از سیستم خارج شده، یا تغییر شکل می‌دهد و به انرژی دیگر تبدیل می‌شود، مورد بررسی و واکاوی قرار گرفت. در این گام برای ارزیابی پتانسیل آزاد شدن انرژی از منبع و تماس آن با اهداف بالقوه از آزمون‌هایی استفاده می‌شود. این آزمون‌ها شامل مجموعه‌ای از سوالات «چه می‌شود اگر...» است که در مسیر جریان انرژی مطرح می‌شوند. این سوالات در چک لیست کشف خطرات ET&BA ارائه شده‌اند. چک‌لیست کشف خطرات ET&BA در جدول (۲) نشان داده شده است.

گام سوم مرحله ارزیابی حفاظها و موانع موجود برای جلوگیری از رها شدن ناخواسته‌ی آن انرژی می باشد. نمونه هایی از این موانع شامل دیوارها، نرده‌ها، عایق‌ها، سپرهای حفاظتی، علایم هشداردهنده، دستورالعمل‌های نحوه انجام ایمن کار، تجربه کاری، نظارت سرپرست می باشد. برای ارزیابی کارایی و عملکرد حفاظها نیز از مجموعه‌ای از سوالات «چه می‌شود اگر...» استفاده می شود. نیز از گام چهارم مرحله ارزیابی ریسک هر یک از انرژی‌های شناسایی شده در سیستم می باشد. این کار فرآیندی منظم و سیستماتیک برای توصیف و ارزیابی ریسک موجود در مواد خطرناک، فرآیندها، کارها یا اتفاقات است. هدف کلی ارزیابی ریسک ایجاد زمینه‌ای برای تصمیم‌گیری در مورد این مطلب است که آیا سیستم در وضعیت فعلی از شرایط قابل قبولی برخوردار بوده و یا نیازمند تغییراتی جهت بهبود ایمنی است.

در این گام ارزیابی کلی از احتمال آزاد شدن ناخواسته انرژی و عدم عملکرد مناسب حفاظ و نیز شدت خسارت ناشی از تماس انرژی با اهداف در معرض به عمل آمد. این ارزیابی با استفاده از اطلاعاتی است که در گام‌های دوم و سوم جمع‌آوری شده‌اند. ارزیابی ریسک می تواند بصورت کمی و کیفی صورت گیرد. البته انجام برآوردهای عددی بسیار مشکل بوده و به تلاش و کار قابل ملاحظه‌ای نیاز دارد، نظر به اینکه در صنایع و کارگاه های معمولی روش‌های ارزیابی کیفی ریسک، رواج بیشتری دارد در تحقیق حاضر نیز از ارزیابی ریسک کیفی استفاده شده است (۴-۶). به عبارت دیگر برای تعیین مقدار ریسک از طبقه بندی های کیفی شدت و احتمال تبدیل شدن خطرات به حادثه و معیارهای ریسک پذیری استفاده گردید و بدین منظور از ماتریکس ریسک در استاندارد MIL-STD-882E (ویرایش پنجم) استفاده شد (۸).

این روش از جداول شدت خطر، احتمال وقوع خطر، ماتریکس ترکیب عامل های اخیر و شاخص های ارزیابی، تشکیل شده است. جدول شدت خطر توصیف طبقه‌بندی شده‌ای از سطح یا میزان خطر است که براساس پتانسیل واقعی یا ادراک شده خطر برای ایجاد صدمه، جراحت یا خسارت بیان شده است. استاندارد MIL-STD-882E طبقه‌بندی شدت خطر را در انواع فاجعه‌بار، بحرانی، مرزی و جزیی ارائه کرده است.

جدول احتمال خطر یک معیار قضاوت کیفی در مورد احتمال نسبی وقوع حادثه ناشی از خطر کنترل نشده، را در اختیار می گذارد و به انواع مکرر، محتمل، گاه به گاه، بعید و غیرمحتمل دسته بندی شده است. ماتریکس ارزیابی ریسک ماتریکسی است که عناصر جدول شدت خطر و جدول احتمال وقوع خطر را با هم ترکیب کرده است و ابزاری مؤثر برای تخمین سطوح قابل قبول و غیرقابل قبول ریسک، فراهم آورده است. این ماتریکس به صورت کمی بوده و دارای طیف عددی از ۲۴-۱ می باشد. نکته حائز اهمیت در کاربرد ماتریکس ارزیابی ریسک آن است که قرار دادن احتمال وقوع و شدت خطر در دسته های مناسب از یک روش کاملاً ذهنی پیروی می کند. در خصوص شاخص های ارزیابی، استاندارد MIL-STD-882E چهار شاخص قضاوت و تصمیم گیری شامل بالا، مهم (شدید)، متوسط و پائین را ارائه کرده است.

در نهایت، در گام پنجم گزینه‌های کنترل ریسک مورد بررسی قرار گرفته و موارد مناسب انتخاب می‌شوند. در این گام باید به دنبال

راه‌هایی برای کاهش ریسک مواردی که دارای ریسک بالا، مهم و متوسط هستند، گشت. برای کمک به انجام هر چه بهتر واکاوی می توان از کاربرگ های ثبت نتایج ET&BA استفاده کرد. نمونه مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۳ آمده است.

جدول۱. چک لیست انواع انرژی

۱- انرژی الکتریکی	٤-٦- حرکت هوا (تهویه)	۹-۲- جابجایی	١٤-١- زمین لرزه
۱-۱- جریان‌های متداول AC یا DC	٤-۷- حرکت زمین/ حفاری و خاک‌برداری	۹-۳- همرفت	١٤-٢- سیل/ غرق شدن
۱-۲- انرژی الکتریکی ذخیره شده/ تخلیه الکتریکی	٥- انرژی جنبش خطی	۹-٤- سیکل گرمایی	١٤-٣- بهمن/ ریزش کوه
۱-۳- تابش‌های الکترومغناطیس/ پالس‌های RF	٦-١- صدا	۹-٥- تولید گرما	١٤-٤- رانش زمین
۱-٤- جریانات/ ولتاژهای القایی	٦-٢- ارتعاش	۱۰- عوامل اتیولوژیک (Etiological)	١٤-٥- فشردگی
۱-٥- کنترل‌کننده ولتاژها/ جریانات الکتریکی	۷- نم/ رطوبت	۱۰-۱- ویروس	١٤-٦- آوار
۲- جرم/ جاذبه/ ارتفاع (m/g/h)	۸- انرژی ناشی از مواد شیمیایی (حاد و مزمن)	۱۰-۲- باکتری	١٤-۷- جریانات آب زیرزمینی
۲-۱- سقوط فرد از ارتفاع/ زمین خوردن فرد	۸-۱- بیهوشی‌آور/ خفگی شیمیایی	۱۰-۳-قارچ	١٤-٨- یخبندان
۲-۲- ریزش/ سقوط اشیاء	۸-۲- خوردگی	۱۰-٤- انگل	١٤-٩- آتشفشان
۲-۳- اشیاء معلق	۸-۳- مواد روان‌کننده/ حلال‌ها/ محلول‌ها	۱۰-٥- مسمومیت‌های بیولوژیک	۱٥- شرایط جوی (اتمسفریک)
۳- انرژی جنبشی چرخشی	۸-٤- مواد قابل تجزیه/ فسادپذیر	۱۱- انرژی تابشی	۱٥-۱- جهت، تراکم، سرعت باد
۳-۱- چرخ‌ها/ چرخ‌دنده‌ها/ ماشین‌آلات چرخنده	۸-٥- مواد ته‌نشین شده/ پس مانده	۱۱-۱- یونیزان	۱٥-۲- باران (گرم/ سرد/ یخ زدن)
۳-۲- فشار فن/ پره‌های ملخی	۸-٦- قابل انفجار	۱۱-۲- غیر یونیزان	۱٥-۳- برف/ تگرگ/ ریز تگرگ
٤- فشار/ حجم/ حرکت جنبشی (P/V/KD)	۸-۷- مواد اکسید کننده/ قابل احتراق/ خودسوز	۱۲- میدان‌های مغناطیسی	۱٥-٤- الکترواستاتیک/ برق (صاعقه)
٤-۱- افزایش فشار و ترکیدگی/ انفجار	۸-۸- مواد قابل پلیمریزاسیون	۱۳- اشیاء یا موجودات زنده	۱٥-٥- ذرات گرد و غبار/ آیروسل‌ها/ پودرها
٤-۲- افزایش خلأ	۸-۹- مواد سمی/ سرطان‌زا/ تراتوژن	۱۳-۱- اعمال و عکس‌العمل‌های افراد	۱٥-٦- درخشندگی خورشید/ نور خورشید
٤-۳- ریزش مایع/ حالت شناوری/ افزایش و یا کاهش سطح مایع	۸-۱۰- مواد زائد/ آلوده‌کننده (هوا/ زمین/ آب)	۱۳-۲- عکس‌العمل‌های حیوانات	۱٥-۷- باران اسیدی/ ابرهای بخار/ گاز
٤-٤- انبساط سیالات/ جهش سیالات	۹- انرژی گرمایی	۱۳-۳- دخالت‌های درختان، بوته‌ها و غیره	۱٥-۸- هوا (معتدل/ سرد/ یخبندان/ وارونگی)
٤-٥- خارج شدن شیء از حالت حلقوی	۹-۱- تابشی	۱٤- بلایای طبیعی	

جدول ۲. چک لیست کشف خطرات ET&BA

تغییرات جریان انرژی	تغییرات در حفاظ‌ها
جریان خیلی زیاد یا خیلی کم است و یا اصلاً وجود ندارد	حفاظ خیلی قوی یا خیلی ضعیف است.
انرژی خیلی زود یا خیلی دیر جریان می‌یابد و یا اصلاً جریان نمی‌یابد	حفاظ غلط طراحی شده است
انرژی خیلی سریع یا خیلی کند جریان می‌یابد	حفاظ خیلی زود یا خیلی دیر عمل می‌کند
جریان انرژی متوقف می‌شود، افزایش می‌یابد، یا رها می‌شود	حفاظ از هم می‌پاشد یا به طور کامل از کار می‌افتد
شکل یا نوع اشتباهی از انرژی به سیستم وارد می‌شود	حفاظ جلوی جریان را می‌گیرد یا شدت آن را زیادتر می‌کند
رها شدن انرژی اثرات پشت سر هم دارد	نوع غلطی از حفاظ انتخاب شده است

یافته ها

با استفاده از این روش در مجموع۱۰ نوع انرژی و ۱۴۴ کانون خطر شناسایی شد که مطابق با استاندارد MIL-STD-882E ۶۸٪ در منطقه ریسک بالا، ۳۰٪ در منطقه ریسک مهم و ۲٪ در منطقه ریسک متوسط قرار داشتند. تعداد و نوع ریسک های شناسایی شده در بخش ها و عملیات مختلف پروژه در جدول ۴ نشان داده شده است. در این میان کار روی داربست با ۲۳ مورد دارای بیشترین تعداد ریسک های بالا و عملیات حفاری و گودبرداری، کار در ارتفاع (تاسیسات مرتفع)، فعالیتهای الکتریکی و عملیات جوشکاری و برشکاری نیز به ترتیب با ۲۱،۱۹، ۱۳ و۱۱ مورد ریسک بالا در درجه بعدی اهمیت قرار داشته اند.

در مورد میزان اعتبار و باورپذیر بودن نتایج به دست آمده از این روش باید گفت که ارزیابی ریسک و پیشنهادهای ارائه شده در این مطالعه بر اساس ساعت ها فعالیت کارشناسی و میدانی، بررسی اسناد و مدارک موجود، مشاوره و مصاحبه با تیمی هشت نفره از مدیران، مهندسین و سرپرستان پروژه بوده است و بنابراین، با توجه به قابلیت و مزایای این روش، از سطح قابل قبولی از اعتبار برخوردار است.

جدول ۴. تعداد و نوع ریسکهای شناسایی شده در بخش ها و عملیات مختلف پروژه

نوع عملیات	تعداد ریسک ها				مجموع	درصد
	بالا	مهم	متوسط	پائین		
داربست و کار روی داربست	۲۳	۱۰	۰	۰	۳۳	۲۳
کار در ارتفاع	۱۹	۲	۱	۰	۲۲	۱۵
حفاری، خاکبرداری و گودبرداری	۲۱	۷	۲	۰	۳۰	۲۱
فعالیتهای الکتریکی	۱۳	۰	۰	۰	۱۳	۹
عملیات جوشکاری و برشکاری	۱۱	۳	۰	۰	۱٤	۱۰
نگهداری، حمل، نقل و توزیع مواد قابل اشتعال	۵	۰	۰	۰	۵	۳/۳
حفاظ ماشین آلات	۰	۱۰	۰	۰	۱۰	۷
جرثقیل ها	۰	۵	۰	۰	۵	۳/۳
فضای سربسته(محدود)	۱	۱	۰	۰	۲	۱/۵
طناب‌ها	۳	۲	۰	۰	۵	۳/۳
وسایل نقلیه	۱	۱	۰	۰	۲	۱/۵
نظم و انضباط کارگاهی	۱	۲	۰	۰	۳	۲
مجموع	۹۸	٤۳	۳	۰	۱٤٤	۱۰۰
درصد	٦۸	۳۰	۲	۰	۱۰۰	

بحث و نتیجه گیری

نتایج بیانگر آن است که اکثر خطرات ارزیابی شده (۹۸٪) در محدوده ریسک بالا و مهم واقع شده اند که این موضوع منطبق با استاندارد MIL-STD-882E، غیر قابل قبول ارزیابی می شود. لذا با توجه به اینکه کار روی داربست و به دنبال آن کار در ارتفاع دارای بالاترین میزان ریسک بوده است، شروع اقدامات پیشگیری از این عملیات در اولویت قرار دارد.

یکی از نکات مهم در این بخش آن است که تکلیف ریسک هایی که در ناحیه بالا و پائین قرار می گیرند، مشخص می باشد اما نحوه برخورد با ریسک هائی که در ناحیه مهم و متوسط قرار خواهند گرفت، چندان مشخص نیست چرا که تعریف ریسک پذیرفتنی، دشوار است. ریسک هایی که در یک مجموعه، پذیرفتنی هستند ممکن است در محیط های دیگر ناپذیرفتنی باشند. پذیرش یا عدم پذیرش ریسک در هر محیط به عواملی چون محیطی که ریسک در آن وجود دارد، ماهیت سیستم از نظر میزان ضرورت و مزایای فعالیت، درک ماهیت ریسک از سوی افراد حاضر در آن و هزینه های کاهش ریسک بستگی دارد (۲).

بسیاری از ریسک ها در ناحیه خاکستری حدفاصل دو محدوده قرار می گیرند. نتایج این تحقیق نیز گویای آن بوده که ۳۲٪ خطرات موجود در این بررسی هم در چنین محدوده ای بوده اند. سوالی که همواره مطرح است این است که آیا ریسک خطراتی که در این ناحیه قرار می گیرند، پذیرفتنی هستند؟ جواب چنین والی به ویژه در سیستم های بزرگ و پیچیده بسیار دشوار است. در این شرایط معمولاً دو اصل کلی زیر حاکم است:

پائین ترین حدی که به طور معقول قابل دستیابی است. (ALARA)

پائین ترین حدی که به طور معقول عملی است. (ALARP)

کاربرد اصل ALARP بدین معنی است که بهترین کاری که می توان در شرایط فعلی انجام داد، باید صورت گیرد. مسولین باید اقدام عملی برای کاهش ریسک را انجام دهند مگر آنکه ثابت شود این کار از نظر عقلانی عملی نیست. اصل ALARA نیز شبیه اصل ALARP است ولی دقت و سخت گیری کمتری نسبت به آن دارد. در این اصل ریسک تا آنجائی که معقول است کاهش داده می شود، نه تا جائی که ممکن است. اغلب حوادث در اثر عدم توجه

کافی به خطراتی که در ناحیه خاکستری قرار می گیرند، ایجاد می شوند. لذا اکیداً توصیه می شود ریسک هایی که در ناحیه مهم و متوسط قرار دارند نیز همانند ریسک های بالا با حساسیت، مورد توجه قرار گیرند (۴و۹). برای کاهش ریسک تا حد مطلوب، اقدامات متعددی قابل اجراست که از عمده ترین آنها می توان به برقراری سیستم های نظارت و بازرسی منظم، برقراری سیستم های مناسب تعمیر، سرویس و نگهداری، استفاده از مواد، ابزار و تجهیزات استاندارد، بهره گیری از روشهای ایمن و استاندارد انجام کار، تجهیزات حفاظت فردی و وسایل حفاظتی مناسب و مرغوب اشاره کرد (۲). در مقایسه نتایج این تحقیق با پژوهش مشابهی در یکی از کشورهای آفریقایی، یافته های نسبتا یکسانی بدست آمد. به طوری که در آن مطالعه سقوط (افراد و اشیاء)، گودبرداری و برق گرفتگی به عنوان عمده ترین مخاطرات شناسایی شد. قابل توجه اینکه در کشورهای توسعه یافته این مخاطرات با بهره گیری از روشهای استاندارد و ایمن انجام کار تا حد نسبتاً قابل توجهی کاهش یافته است برای مثال در تحقیقی که توسط اداره کار ایالات متحده در سال ۱۹۹۸ صورت گرفت، سطح ریسک موضوعات فوق الذکر در دسته قابل قبول قرار داشته اند (۵).

در پایان، نکته قابل ذکر اینکه خطاهای انسانی معمولاً در روش ET&BA لحاظ نمی شود لذا توصیه بر آن است که به منظور ارزیابی هر چه دقیق تر این روش همراه با سایر روشهای موجود در زمینه آنالیز خطاهای انسانی به صورت توأم انجام پذیرد تا نتایج سودمندتری حاصل گردد.

****

References

1.Urban K, Taylor A, Francis W. Prevention of accident through experience feedback, 2nd ed, London, The UK Press 2002, pp: 125-48.

2. Kandel A, Avni E. Engineering risk and hazard assessment, Volume 1, 3rd ed, The U.S CRC Press 2000, pp: 21- 60, 117- 37.

3. Steve R. Construction safety management system, 2nd ed, New York, Spon Press 2004; pp: 25-69.

4. Larsiarms R, Taylor A, Francis W. Safety analysis: principles and practice in occupational safety, Great Britain, The U.S CRC Press 2001; pp: 25-39.

5. Marry A. Control change cause analysis manual. Applied Science 2003; 6(13): 5-8. Available from: http://www.nri.eu.com/NR13.pdf

6. Vincoil W, Van Nostrand R. Basic guide to system safety, 1st ed, USA, Jeffery Press 1993; pp: 98-105.

7. Harold E, Brian M. System safety engineering and management, 2nd ed, USA, William Press 2000; pp: 7-25.

8. Adam G. DOE-NE-STD, Applied Science 2001; 2(5): 1-3. Available from: http://www. Tis.eh.doe. gov/ techstds/ standard/nst1004.pdf.

9. James B, Fullman P. Construction safety security and loss prevention, New York, A Wiley Interscience Publication 1994; pp: 169-80.

* آدرس نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، گروه بهداشت حرفه ای و محیط، تلفن: ۸۸۰۱۱۰۰۱-۰۲۱.

zaranejad@yahoo.com

جدول۳. نمونه ای از برگه کار تکمیل شده روش ET&BA

مرحله اول «شناسایی انواع انرژی و خطرات موجود»				مرحله دوم «ارزیابی خطرات»						مرحله سوم «تصمیم گیری»		
نوع عملیات	موقعیت انرژی	نوع انرژی	توصیف ریسک	کنترلها و موانع موجود	اهداف آسیب پذیر	شدت ریسک	احتمال وقوع	نمره ارزیابی ریسک اولیه	معیار تصمیم گیری	کنترلها و موانع پیشنهادی	نمره ارزیابی ریسک بعد از اقدامات کنترلی	معیار گ
ای بسته(محدود)	فضای درونی	۸-۱و۸-۹	شرایط کمبود اکسیژن، قابلیت اشتعال و سمی بودن فضاهای بسته مثل دریچه‌های منهول، مخازن و غیره	-	انسان	I	C	٤	بالا	- اتمسفر فضاهای بسته مثل دریچه‌های منهول قبل از اینکه کارگر وارد آن شود از نظر شرایط کمبود اکسیژن، قابلیت اشتعال و سمی بودن تست گردد. - طراحی و صدور مجوز کار برای فعالیت در فضاهای بسته - اجرای روشهای کنترل مهندسی نظیر تهویه کافی و مناسب، تجهیزات حفاظت تنفسی - تدارک ابزار و تجهیزات کمکی و اضطراری - در بیرون از فضاهای بسته کشیک ایمنی قرار داده شود.	۱۹	پا
	سیستم ارتباطی بیرونی	۸-۱و۸-۷و۸-۹	عدم تخلیه با مسدود کردن منابع انرژی در فضای محدود	-	- انسان -مواد اولیه و ابزار - تجهیزات	I	D	۸	مهم	- در زمان ورود به فضای بسته، تمام منابع انرژی مسدود و یا تخلیه گردد. - برقراری سیستم بازرسی منظم جهت اطمینان از تخلیه و مسدود شدن تمام منابع انرژی	۱۸	متو