



ارزیابی ریسک با استفاده از روش فهرست مقدماتی مخاطرات

سیدحسین اصفهانی^۱ ■ کارشناس ارشد HSE، مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست

مقدمه

هدف از بهره‌گیری از تکنیک فهرست مقدماتی مخاطرات (PHL)^۲ در درجه اول شناسایی و فهرست نمودن مخاطرات بالقوه سیستمی و در مرحله بعد شناسایی پارامترهای بحرانی ایمنی^۳ و طبقه‌بندی رویدادهای ناخوشایند^۴ می‌باشد. این تکنیک در ابتدای فرآیند توسعه طراحی سیستم و قبل از هر نوع تحلیل مخاطره دیگری به کار گرفته می‌شود و ابزاری است در دست مدیران برای تخصیص منابع به مناطقی که در فاز طراحی مخاطره‌آمیز تشخیص داده شده‌اند. با توجه به پیشرفت طراحی و دسترسی به اطلاعات بیشتر، تحلیل‌های مخاطره بعدی، مخاطرات شناسایی شده توسط این تکنیک را با جزئیات و تفصیل بیشتری دنبال خواهند نمود. در واقع PHL طراحی را از دیدگاه ایمنی مورد بررسی قرار می‌دهد. این روش را می‌توان برای هر نوع سیستم که در

فاز مقدماتی توسعه قرار دارد، اعم از سیستم منفرد یا چند سیستم یکپارچه^۵، استفاده نمود. با بهره‌گیری از تکنیک PHL، در زمان پیشنهاد پروژه یا بلافاصله بعد از عقد قرار داد می‌توان بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها در حوزه ریسک را تحت تأثیر قرار داد. این تکنیک به منظور شناسایی مخاطرات سطح یک (مخاطراتی که درخور توجه و بسیار مهم تلقی می‌شوند و رخداد آنها تبعات ناگواری به همراه خواهد داشت) و عمومی موجود در سیستم به کار گرفته می‌شود. پیش‌نیاز انجام این کار، داشتن درک پایه از تئوری مخاطره و دانش کافی از مفاهیم ایمنی سیستم است. همچنین برای شناسایی بهتر مخاطرات، داشتن تجربه کاری مرتبط با سیستم تحت مطالعه و بخش‌های اصلی آن ضروری است. تکنیک PHL ساده بوده و می‌توان به راحتی

تئوری فهرست مخاطرات اولیه یا PHL، یک تکنیک تحلیلی ساده و روان می‌باشد که هدف از آن تهیه فهرستی از مخاطرات شناخته شده و مورد شک^۶ می‌باشد. تحلیل PHL، گاهی به سادگی هدایت یک جلسه طوفان مغزی است و گاهی شبیه به یک فرآیند سازماندهی شده برای شناسایی مخاطرات می‌باشد. در تحلیل PHL بهتر است از گروهی از مهندسان و تحلیل‌گران با تجربه و

مخاطره و طراحی آشنا باشند. بدین معنی که اطلاعاتی در مورد مفاهیم پایه طراحی سیستم و قطعات اصلی آن داشته و از مخاطره، منشاء و اجزای آن نیز دانش خوبی در اختیار داشته باشد. به طور کلی دانش مخاطره، با استفاده از چک‌لیست‌ها و سوابق و تجارب گذشته موجود در سیستم یا سیستم‌های مشابه به دست می‌آید. در هنگام اجرای روش PHL، تحلیل‌گر دانش طراحی خود را با اطلاعات چک‌لیست‌های مخاطره (که از قبل تهیه شده‌اند) مقایسه نموده و بدین ترتیب مخاطرات مربوط به طراحی نمایان و آشکار می‌گردد. به عنوان مثال ممکن است تحلیل‌گر در طراحی یک سیستم پروازی متوجه شود که از سوخت جت به عنوان منبع انرژی استفاده شده است. وی سپس با مراجعه به چک‌لیستی با عنوان مخاطرات منابع انرژی، مشاهده خواهد نمود که سوخت جت یک مخاطره بوده و عدم کنترل آن، عواقبی نظیر انفجار و آتش‌سوزی را به دنبال خواهد داشت. بنابراین تحلیل‌گر این مخاطره را در فهرست مخاطرات اولیه سیستم پرواز ثبت می‌کند و به بررسی دیگر اجزاء و فعالیت‌های سیستم ادامه می‌دهد و همواره نیم‌نگاهی نیز به چک‌لیست‌های مخاطرات دارد تا هیچ انطباقی دور از چشم باقی نماند.

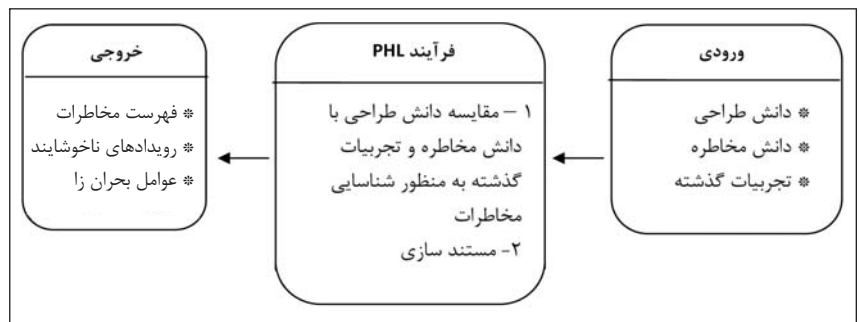
متدولوژی

در جدول ۱ مراحل اصلی تکنیک PHL شرح داده شده و ارتباطات مهم آن به طور خلاصه ارائه گردیده است. اجرای فرآیند PHL با جمع‌آوری و

طراحی با اطلاعات حاصل از مخاطرات مقایسه می‌شوند تا مشخص شود که آیا مخاطرات شناخته شده در طراحی دیده شده‌اند یا خیر. بدین ترتیب فهرستی از مخاطرات تهیه می‌گردد که منبع خوبی برای مطالعات بعدی خواهد بود. برای انجام تکنیک PHL، تحلیل‌گران ایمنی سیستم بایستی با هر دو دانش

تخصص کافی در حوزه‌های مختلف استفاده نمود. البته روش و متدولوژی انجام کار چه برای استفاده فردی و چه گروهی یکسان است. در این متدولوژی روش ثبت و مستندسازی نیز ارائه می‌شود. در شکل ۱ به طور خلاصه نمایی از فرآیند PHL، ارائه شده است. در این فرآیند اطلاعات

مرحله	وظیفه	شرح / ملاحظات
۱	تعریف سیستم	دامنه کاربرد و مرزهای تحلیل را تعریف کنید. شناختی از طراحی سیستم، مفاهیم عملیاتی و قطعات اصلی سیستم به دست آورید.
۲	طرح ریزی	اهداف، تعاریف، برگه‌های داده، جدول زمانی و فرآیند PHL را تهیه کنید. عناصر و وظایفی را که قرار است تحلیل شوند، شناسایی کنید.
۳	انتخاب تیم	اعضای تیمی که قرار است در PHL شرکت داشته باشند را انتخاب و مسئولیت‌هایشان را مشخص کنید. بدین منظور از کارشناسان و متخصصین بخش‌های مختلف استفاده نمایید.
۴	جمع‌آوری داده	تمامی داده‌های مورد نیاز مرتبط به طراحی، عملیات و فرآیند را جمع‌آوری کنید. چک‌لیست‌های مخاطره و دیگر داده‌های سیستمی مربوط به مخاطرات را گردآوری نمایید.
۵	شروع تحلیل	الف) فهرست اجزاء، سیستم، منابع انرژی و فعالیت‌ها یا وظایف عملیاتی را پیش‌رو قرار دهید. (ب) با توجه به چک‌لیست مخاطرات، اجزاء، یا سخت‌افزار سیستم را مورد ارزیابی قرار دهید. (ج) با توجه به چک‌لیست مخاطرات، نرم‌افزار سیستم را ارزیابی کنید. (د) با توجه به چک‌لیست مخاطرات، فعالیت‌ها یا وظایف عملیاتی را ارزیابی کنید. (ه) با توجه به چک‌لیست مخاطرات، منابع انرژی شناسایی شده را ارزیابی کنید. (و) حالت‌ها و وضعیت‌های مختلف شکست یا خرابی سیستم را ارزیابی کنید.
۶	فهرست نمودن مخاطرات شناسایی شده	فهرست مخاطرات شناسایی شده و یا منتج از ارزیابی‌های مرحله قبل را تهیه کنید. دقت شود تا حتی مواردی که مورد تردید هستند نیز در این فهرست گنجانده شوند.
۷	ارائه پیشنهاد و تعیین اقدامات اصلاحی	برای هر یک از مخاطرات فهرست شده، راه حل یا پیشنهادی را (در صورت امکان) ارائه دهید تا ریسک مخاطره را کاهش دهد یا آن را حذف نماید. در صورت لزوم اقداماتی را بدین منظور مشخص نمایید.
۸	مستند نمودن تحلیل	تمامی مراحل تحلیل PHL و فرآیند آن را در برگه‌ها و جداولی که از پیش تهیه کرده‌اید ثبت نمایید و در نهایت یک گزارش جامع که در آن چک‌لیست‌های مخاطرات، فهرست اجزاء، سیستم، فعالیت‌ها، منابع انرژی، وظایف عملیاتی، کاربرگ‌های PHL، شرح پیشنهادات و اقدامات و هرآنچه در فرآیند تحلیل اتفاق افتاده است را تهیه کنید. بهتر است گزارش خلاصه‌تری نیز برای مدیریت ارشد سازمان تهیه کنید.



شکل ۱ | نمایی از فرآیند PHL



اهم وظایف، روالها و منابع انرژی به صورت جداگانه تهیه می گردند. همان طور که در شکل ۲ ملاحظه می شود، عناصر این فهرست با عناصر چک لیست های مخاطرات که در سمت چپ تصویر قرار دارند مقایسه می شوند. به محض مشاهده هر گونه انطباق، عبارتی که نشان دهنده مخاطره کشف شده باشد در کاربرگ فهرست مقدماتی مخاطرات (PHL) نوشته می شود.

کاربرگ فهرست مخاطرات اولیه (PHL)

به منظور ثبت اطلاعات ارزشمند حاصل از تحلیل PHL، از کاربرگ های PHL استفاده می شود. کار با این کاربرگ ها بسیار ساده بوده و مزیت عمده آنها ساماندهی و جمع آوری منظم اطلاعات می باشد. با استفاده از این کاربرگ ها قضاوت بر روی نتایج ساده تر شده و منبع اطلاعاتی خوبی برای مطالعات بعدی (نظیر تحلیل

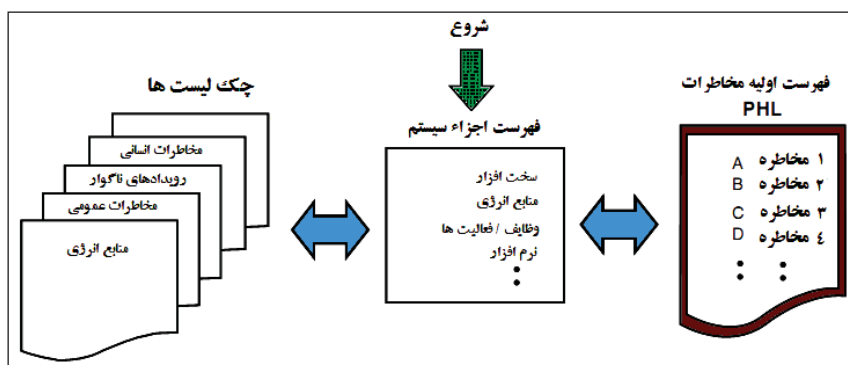
مشاهده شود، در برگه فهرست مخاطرات ثبت می کنند. چک لیست ها در کارگاه های PHL یا جلساتی که به روش طوفان مغزی هدایت می شوند، مورد بحث قرار می گیرند و می توان آنها را با دریافت ایده های جدید تکمیل نمود. برخی از نتایج تحلیل PHL که معمولاً در گزارش نهایی هم ارائه می شود، عبارتند از:

- چک لیست های متنوع مخاطرات
- فهرست مخاطرات اولیه
- عوامل بحران زای ایمنی (در صورت وجود)
- پیامدها و رویدادهای ناگوار حاصل از بالفعل شدن مخاطرات
- محیطها و مناطق پر خطر (در صورت وجود)
- متدولوژی کلی PHL در شکل ۲ نمایش داده شده است. در این متدولوژی، ابتدا فهرستی از اجزاء سیستم تهیه می شود که در آن موارد بسیاری نظیر سخت افزار، نرم افزار،

کسب اطلاعات طراحی که در آن مبانی طراحی و عملیات، شرح قطعات، نرم افزارهای مورد استفاده و مهم روالها ارائه شده است، آغاز می گردد.

منابع این اطلاعات شامل دستورالعمل های کاری، مشخصه های طراحی، نقشه ها و نمودارها هستند. البته می توان از دیگر داده های طراحی مانند نمودار ساختاری وظایف، داده های قابلیت اطمینان و شرح عملیات برای درک و تحلیل بهتر سیستم استفاده نمود. در مرحله بعد چک لیست های مناسب از انواع مخاطرات تهیه می گردد. این چک لیست ها معمولاً به صورت کلی بوده و بیشتر شامل مخاطرات شناخته شده هستند. البته لازم نیست چک لیست ها کامل و جامع باشند، بلکه تنها به عنوان یک پیش نویس و چک لیست اولیه برای شروع تحلیل مورد استفاده قرار می گیرند. نمونه ای از عناوین این چک لیست ها عبارتند از:

- ۱- چک لیست منابع انرژی
 - ۲- چک لیست روال های مخاطره آمیز
 - ۳- چک لیست عملیات مخاطره آمیز
 - ۴- چک لیست قطعات و اجزاء مخاطره آمیز
 - ۵- چک لیست مواد اولیه و مواد خام مخاطره آمیز
 - ۶- چک لیست وقایع ناگوار
 - ۷- چک لیست وضعیت و حالات شکست
 - ۸- چک لیست سوابق و تجربیات گذشته
- وقتی کلیه اطلاعات مورد نیاز جمع آوری شده و در دسترس قرار گرفتند، تحلیل PHL وارد مرحله بعدی می شود. در این مرحله، تحلیل گران اطلاعات طراحی را با چک لیست های مخاطرات مقایسه کرده و اگر در طراحی سیستم یکی از مخاطرات موجود در یک یا چند چک لیست



شکل ۲ | متدولوژی PHL

تحلیل فهرست مخاطرات اولیه (PHL)			
نوع عنصر سیستم			
ردیف	قطعه / جزء / مورد	مخاطره	آثار مخاطره
			توصیه / پیشنهاد

شکل ۳ | نمونه کاربرگ PHL

مخاطرات اولیه یا PHA) فراهم می‌شود. البته ممکن است فرمت این کاربرگ بسته به محیط کاری و نیازهای سازمان تغییر کند، اما اطلاعات کلیدی زیر بایستی حتماً در آن موجود باشد:

* فهرست مخاطرات

* رویدادهای مخاطره‌آمیز یا ناگوار

* توصیه‌ها / پیشنهادات

یک نمونه کاربرگ PHL در شکل ۳ ارائه شده است. توصیه می‌شود از این کاربرگ به عنوان یک پیش‌نویس استفاده شود.

شرح مختصری از هر یک از عناوین این کاربرگ در ادامه ارائه گردیده است.

۱- نوع عنصر سیستم: در این قسمت نوع عنصری از سیستم که کاربرگ برای آن تکمیل می‌شود، ثبت می‌گردد. به عنوان مثال: سخت‌افزار، نرم‌افزار، منبع انرژی، و روال‌های سیستم.

۲- ردیف: شماره ردیف مخاطره، که شناسه مخاطره محسوب شده و برای استفاده در ارجاعات بعدی مورد نیاز است.

۳- قطعه / جزء / مورد: در این ستون با توجه به نوع عنصر مشخص شده در بند ۱، یکی از قطعات یا اجزاء عنصر سیستم بیان می‌شود. به عنوان مثال اگر نوع عنصر سخت‌افزار یک موشک باشد، اجزایی نظیر موتور، سیستم سوخت، باتری، رایانه کنترل، گیرنده، سیستم رادار و سازه موشک در این ستون یادداشت شده و هر یک شماره ردیف مخصوص به خود (مانند PHL-۱) را خواهند داشت.

۴- مخاطره: در این ستون مخاطرات شناسایی شده در فرآیند ارزیابی (حتی

توصیه‌ها و پیشنهاداتی که تیم تحلیل برای کاهش شدت پیامد مخاطره یا حذف آن پیشنهاد نموده است، ثبت می‌گردد. همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد تحلیل PHL توسط گروهی از متخصصین و با استفاده از روش‌های جدیدی مانند طوفان مغزی انجام می‌شود و بهتر است اولین و مؤثرترین راه حل‌ها و توصیه‌ها در این ستون ارائه شود.

چک‌لیست‌های مخاطرات

برای انجام تحلیل PHL بهتر است چک‌لیست‌هایی از مخاطرات شناخته شده و عام در اختیار باشد. استفاده از یک چک‌لیست به تنهایی کافی نیست و بایستی چک‌لیست‌هایی با عناوین و طبقه‌بندی‌های مختلف آماده شود. اگر چه تعداد چک‌لیست‌ها ممکن است باعث تکرار برخی موارد شود، اما این اطمینان را ایجاد خواهد کرد که تمامی موارد پوشش داده شده‌اند. به هر اندازه این چک‌لیست‌ها کامل‌تر باشند، تحلیل جامع‌تر خواهد بود. به منظور درک بهتر موضوع و آشنایی با عناوین و

مخاطراتی که تردید دارید واقعاً مخاطره باشند یا در تحلیل‌های بعدی مشخص شود که مخاطره آمیز نیستند) ارائه می‌شوند. ذکر این نکته ضروری است که ممکن است یک مخاطره برای چندین مورد مشترک باشد که بایستی در تمامی آنها تکرار شود.

۵- آثار مخاطره: در این ستون

اثرات و پیامدهای حاصل از بالفعل شدن مخاطره ثبت می‌شود. این اثرات ممکن است با عباراتی مانند جراحت، خسارت، لطمه، آسیب، عدم کارکرد، قطع عضو و حتی مرگ شروع شوند. به عنوان مثال در مورد موتور محرک یک پمپ فرآیندی، مخاطره حرارت بالا در قسمت تغذیه موتور می‌تواند پیامدی مانند ذوب شدن کابل‌های تغذیه را به دنبال داشته باشد. معمولاً آثار و پیامدهای مخاطره همان رویدادهای مخاطره‌آمیز یا ناگوار عنصر تحت بررسی هستند. به همین دلیل است که در شکل ۱ یکی از خروجی‌های تحلیل PHL شناسایی رویدادهای ناخوشایند برشمرده شده است.

۶- توصیه / پیشنهاد: در این ستون

۱- سوخت	۱۲- مولدهای الکتریکی
۲- خرج پرتاب	۱۳- منابع فرکانس رادیویی (RF)
۳- چاشنی	۱۴- منابع انرژی رادیواکتیو
۴- مواد قابل انفجار	۱۵- اشیا: در حال سقوط
۵- خازن‌های پرشده	۱۶- وسایل پرتاب
۶- باتری‌ها	۱۷- وسایل گرم‌زا
۷- الکتریسته ساکن	۱۸- پمپ، دمنده، فن
۸- ظروف تحت فشار	۱۹- ماشین‌های دوار
۹- وسایل تحت فشار فشر	۲۰- وسایل محرکه
۱۰- سیستم‌های معلق	۲۱- انرژی هسته‌ای
۱۱- مولدهای گاز	۲۲- وسایل سرمازا

شکل ۴ | مثالی از چک‌لیست مخاطرات شناخته شده منابع انرژی



اجزاء چک لیست‌ها، نمونه‌ای از آنها در شکل‌های ۴ تا ۸ ارائه شده است. این چک لیست‌ها مربوط به سیستم پرتاب موشک می‌باشند. تحلیل گران PHL، بایستی چک لیست‌های مخصوص به سیستم خود را آماده نمایند.

شکل ۴ نمونه‌ای از چک لیست مخاطرات منابع انرژی یک سیستم پرتاب موشک را نمایش می‌دهد. آزاد شدن هر یک از منابع انرژی ذکر شده در این چک لیست ممکن است باعث وقوع یک رویداد مخاطره آمیز شود. به همین ترتیب چک لیست مخاطرات منابع عمومی در شکل ۵ نمایش داده شده است. این منابع به طور بالقوه مخاطره آمیز بوده و نبایستی از چشم تحلیل گران دور بمانند. در شکل ۶ چک لیست مربوط به روال‌ها یا وظایف بالقوه مخاطره آمیز ملاحظه می‌شود. این چک لیست مربوط به طرح و برنامه‌های هوا و فضا می‌باشد. فعالیت‌های صورت گرفته در این روال‌ها به گونه‌ای است که ممکن است منجر به وقوع رویدادهای مخاطره آمیزی شوند. این چک لیست نمونه‌ای از فعالیت‌های رایج در فرآیند پرتاب موشک و هدایت آن تا فرود سفینه را نمایش می‌دهد و ضروری است در تهیه چک لیست روال‌ها و فرآیندهای کاری سیستم مد نظر قرار گیرند.

نمونه‌ای از چک لیست مخاطرات عملیات عمومی سیستم پرتاب موشک و هدایت سفینه در شکل ۷ ارائه شده است. این عملیات مستلزم انجام فعالیت‌ها یا استفاده از ابزارهایی است که برای سیستم مخاطره آمیز تلقی می‌شود. شکل ۸ آخرین

دسته از چک لیست‌های ارائه شده در این مقاله است که به نام چک لیست حالت‌ها یا وضعیت‌های شکست نام دارند. وضعیت‌هایی که بسته به طبیعت بحرانی عملیات یا مأموریت، به نوعی مخاطره آمیز تلقی می‌شوند. این چک لیست

۱- شتاب	۱۱- اکسیداسیون
۲- آلودگی	۱۲- فشار
۳- خوردگی	- فشار بالا
۴- تجزیه شیمیایی	- فشار پایین
۵- شوک الکتریکی	- تغییرات ناگهانی فشار
- حرارت الکتریکی	۱۳- تشعشع / گسیل
- فعال شدن ناخواسته ادوات برقی	- حرارتی
- عیوب منبع تغذیه	- الکترومغناطیس
۶- انفجار	- یونیزه کننده
۷- آتش‌سوزی	- فرابنفش
۸- گرما و درجه حرارت	۱۴- جایگزینی شیمیایی
- درجه حرارت بالا	۱۵- شوک (مکانیکی)
- درجه حرارت پایین	۱۶- تراکم‌های تنش‌زا
- تغییرات درجه حرارت	۱۷- برگشت‌های تنش‌زا
۹- نشست	۱۸- آسیب یا خسارت دیدن سازه‌ها
۱۰- رطوبت	۱۹- سمیت
- رطوبت بالا	۲۰- آب و هوا و محیط زیست
- رطوبت پایین	۲۱- انرژی هسته‌ای
	۲۲- ثقل

شکل ۵ | مثالی از چک لیست مخاطرات منابع عمومی

۱- ورود و خروج خدمه	۱۳- مولدهای الکتریکی
۲- فرود جهت انتقال قدرت	۱۴- چتر آرابی و پرش
۳- رها کردن موشک	۱۵- ایمن‌سازی سفینه و بازیابی آن
۴- جداسازی و شلیک	۱۶- ختشی‌سازی و آلودگی‌زدایی سفینه
۵- ارتباط با زمین	۱۷- بارگیری
۶- زمان‌بندی فرود و پهلو گرفتن	۱۸- وسایل گرمازا
۷- اداره خدمه از روی زمین	۱۹- جداسازی صیقل دهنده آنروودینامیک
۸- تبادل اطلاعات زمین با خدمه	۲۰- قرار گرفتن در مدار
۹- فعالیت‌های فوق برنامه سفینه‌ای	۲۱- تصحیح مدار
۱۰- تست‌های حین پرواز توسط خدمه	۲۲- تصحیح میان دوره‌ای
۱۱- وضعیت‌های اضطراری حین پرواز	۲۳- تحویل داده
- از دست دادن ارتباط	۲۴- هدایت سفینه (کسب اطلاعات ستاره‌ای)
- از دست دادن منابع تغذیه و کنترل	۲۵- عملیات بر روی مدار
- سمیت دودهای ناشی از آتش‌سوزی	۲۶- تراسر در جهت مخالف حرکت
- انفجار	۲۷- ورود مجدد به جو زمین
۱۲- پشتیبانی از حیات	۲۸- بازیابی سلامت خدمه

شکل ۶ | مثالی از چک لیست مخاطرات موجود در روال‌ها و وظایف

خرابی یکی از اجزاء سیستم منجر به بروز مخاطره خواهد شد یا خیر، تحلیل گر را به سمت شناسایی یک مخاطره سوق می دهد. لازم به ذکر است که استفاده از قطعات یا ابزار جدید می تواند سبب بروز مخاطرات جدیدی شوند و به همین دلیل به روز رسانی دائم چک لیست ها بسیار ضروری می باشد.

مزایای تکنیک تحلیل PHL

برخی از مزایای تحلیل فهرست مخاطرات اولیه عبارتند از:

- ۱- این تحلیل به راحتی و با سرعت قابل انجام است.
 - ۲- برای اجرای این تحلیل نیازی به داشتن تخصص بالا نیست.
 - ۳- تحلیل PHL علیرغم هزینه کم نتایج ارزشمندی به دنبال خواهد داشت.
 - ۴- این تحلیل دقت خوبی در شناسایی مخاطرات اولیه داشته و به خوبی بر روی آنها متمرکز می شود.
 - ۵- تحلیل فوق مخاطرات سیستمی مهم و رویدادهای ناگوار را به خوبی نمایان می سازد.
- در نهایت بایستی اذعان نمود که تکنیک تحلیل PHL تکنیکی بی عیب و ضرر است.

اشتباهاتی که بایستی از انجام آنها حذر نمود

اگر برای اولین بار از تکنیک PHL استفاده می شود، انجام خطاهای زیر دور از انتظار نخواهد بود:

- ۱- فهرست نکردن تمامی مخاطرات معتبر و قابل اعتناء. فهرست کردن تمامی مخاطرات (معتبر یا مشکوک) ضروری است و هیچ مخاطره ای نباید

- از چشم تحلیل گران دور باقی بماند.
- ۲- خطا و سهل انگاری در مستند کردن مخاطرات، حتی مخاطراتی که در ظاهر عواقب قابل توجهی ندارند بایستی مستند شوند. در واقع هر آنچه در فرآیند تحلیل حاصل می گردد، می بایست ثبت و مستند شود.
 - ۳- عدم اجرای سیستماتیک و منطقی تحلیل، همواره می بایست از کاربرد مخصوص PHL استفاده شود و تمامی تجهیزات، منابع انرژی، روال ها و سایر اجزای سیستم در آن ذکر شود.
 - ۴- عدم تهیه و استفاده از
- چک لیست های مخاطرات.
- ۵- محدود کردن مطالعه و تحلیل فقط به داخل سیستم و توجه به رویدادهایی که در سیستم رخ داده ضروری می باشد و همچنین درس ها و تجربیاتی که در مجموعه موجود است نیز نباید نادیده انگاشته شوند.
 - ۶- تعیین نکردن فرآیند کاری و مراحل (فازهای) مختلف مأموریت سیستم به شکل قابل فهم (مثلاً به شکل گرافیکی) و نداشتن دانش و شناخت کافی از اجزاء، نرم افزار، روال ها و منابع انرژی سیستم تحت مطالعه.

- ۱- جوشکاری
- ۲- تمیزکاری
- ۳- عملیات توأم با درجه حرارت بالا
- ۴- عملیات با وزنه ها یا بارهای سنگین
- ۵- عملیات جابجایی، هم گذاری و بالابری
- ۶- عملیات تست محفظه
- ۷- تست صحت قطعات، تجهیزات، دستگاه ها و سیستم های اصلی و فرعی
- ۸- جابجایی، بارگذاری و انتقال خرج و باروت
- ۹- تست های با توان بالای سیستم فشار، نئوماتیک و هیدرولیک
- ۱۰- جابجایی و آزمایش بر روی اجزاء هسته ای
- ۱۱- نصب، تست و واریسی مهمات
- ۱۲- ورود به تانک و ورود به فضاهای محدود
- ۱۳- انتقال و جابجایی های پایانی
- ۱۴- تست سفینه و موشک توسط انسان
- ۱۵- آتش زنی استاتیک (در حالت سکون)

شکل ۷ | نمونه ای از چک لیست مخاطرات عملیات عمومی

- ۱- کار نمی کند.
- ۲- به شکل نامصحیح یا اشتباه کار می کند.
- ۳- ناخواسته به کار می افتد.
- ۴- در زمان اشتباه (خیلی زود یا خیلی دیر) به کار می افتد.
- ۵- قادر به توقف نیست.
- ۶- داده های غلط دریافت می کند.
- ۷- داده های غلط ارسال می کند.

شکل ۸ | مثالی از چک لیست مخاطرات برای وضعیت های شکست



۷- دانسته فرض کردن اصطلاحات و اختصاراتی که نیاز به توضیح دارند. همواره بایستی مسیر ساده‌ای برای برقراری ارتباط با تحلیل فراهم شود، به گونه‌ای که گروه‌های دیگر نیز بتوانند تحلیل‌های ارائه شده را ادامه دهند.

نتیجه‌گیری

۱- هدف از انجام و توسعه تحلیل PHL، شناسایی مخاطرات و پیش‌بینی پیامدهای ناگوار آنها در فاز طراحی مفهومی سیستم می‌باشد.

۲- فهرست مخاطراتی که در PHL تهیه می‌شود، نقطه شروعی در تحلیل ایمنی سیستم بوده و با پیشرفت برنامه توسعه سیستم و کسب اطلاعات بیشتر از زیرسیستم‌ها و روال‌های جزئی‌تر می‌توان از تحلیل انجام شده به عنوان ورودی برای تحلیل‌های مخاطره بعدی (نظیر PHA) استفاده نمود.

۳- تحلیل PHL در ابتدای مرحله طراحی مفهومی، ایده مناسبی در تخصیص منابع در اختیار توسعه‌دهندگان سیستم قرار می‌دهد و به نوعی مناطقی را که از نظر ایمنی

ضعیف هستند (و بایستی منابع بیشتری در اختیار آنها قرار گیرد) مشخص می‌سازد.

۴- استفاده از مدل‌های گرافیکی جهت نمایش سلسله مراتب روال‌ها و تهیه فهرست کامل اجزاء اصلی سیستم، فرآیند PHL را ساده‌تر می‌سازد.

۵- در فرآیند PHL، از چک‌لیست‌هایی که از قبل آماده شده‌اند استفاده می‌شود. این چک‌لیست‌ها به نوعی عملیات، روال‌ها و اجزایی را که در بطن خود دارای مخاطره هستند، برای راحتی تحلیل‌گران و روشن نمودن مسیر حرکت ارائه می‌دهند. برای تحلیل بهتر آثار مخاطره هم چک‌لیست دیگری با عنوان چک‌لیست وضعیت‌های شکست تهیه می‌گردد.

۶- هیچ ایده، فکر یا دغدغه‌ای در هنگام بررسی مخاطرات نبایستی حذف یا سانسور شود. ضروری است علاوه بر شناسایی مخاطرات واقعی، مخاطراتی که مورد تردید هستند نیز مورد توجه قرار گیرند. حتی اگر در آینده مشخص شود که امکان آسیب‌رسانی یا درجه

مخاطره‌آمیز بودن آنها پایین بوده است. ضمن اتخاذ این رویه تمامی مدارک و شواهد لازم در اختیار خواهد بود و مشخص خواهد شد که تمامی حالت‌های ممکن بررسی شده و مخاطره‌ای از قلم نیفتاده است.

۷- شرح مخاطره به صورت کامل و معنادار تهیه شود، به نحوی که برای خواننده قابل فهم باشد. اگر از اصطلاحات و عبارات خاصی استفاده می‌شود، می‌بایست از قبل تعریف شوند. به عبارت دیگر این گونه فرض نشود که خوانندگان و بررسی‌کنندگان بعدی تحلیل، از تمامی اصطلاحات رایج در سیستم شما آگاهی یا شناخت دارند.

۸- در صورت امکان سه ضلع مثلث مخاطره مشخص شوند. این سه ضلع عبارتند از منبع، مکانیزم شروع و تهدید ایجاد شده توسط مخاطره. در هر صورت انجام این امر در صورتی امکان‌پذیر است که اطلاعات بیشتری از مخاطره در دسترس باشد. در صورت عدم دسترسی می‌توان به شرح مختصر مخاطره بسنده نمود.

پانویس‌ها

¹ hse.esfshsni@gmail.com

² Preliminary Hazard List

³ Critical Safety Parameters

⁴ Mis-haps

⁵ Integrated Systems

⁶ Brainstorming Sessions

⁷ Suspected

منابع

- [1] Clifton A. Ericson, II, Hazard analysis techniques for system safety, John Wiley & Sons, Inc., 2005.
 [2] Layton, D., System Safety: Including DOD Standards, Weber Systems, Inc., 1989.
 [3] Roland, H. E. and B. Moriarty, System Safety Engineering and Management, 2nd ed., Wiley, New York, 1990.
 [4] Stephan's, R. A., System Safety for the 21st Century, Wiley,

- Hoboken, NJ, 2004.
 Stephenson, J., System Safety 2000, Wiley, New York, 1991.
 [5] System Safety Society, System Safety Analysis Handbook, System Safety Society.
 Vincoli, J. W., A Basic Guide to System Safety, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993.