مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی
دوره ۱۰ شماره ۱ بهار ۱۳۹۱ ، صفحات: ۵۲-۴۳

مقایسه دو روش تحلیل درخت خطا و تریپود بتا با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در تحلیل حوادث در یک صنعت فولاد سازی

عفت لعلی دستجردی: کارشناس ارشد، گروه مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی فرزانگان، فولاد شهر اصفهان، اصفهان، ایران
ایـرج محمـد فـام: دانـشیار، گـروه بهداشـت حرفـه ای، دانـشکده بهداشـت، دانـشگاه علـوم پزشـکی همـدان، همـدان، ایـران-نویـسنده رابـط: Mohammadfam@umsha.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/٤/۱۲ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۹/۲۹**

چکیده

زمینه و هدف: هدف این مطالعه، مقایسه دو روش FTA و Tripod beta با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) جهت انتخاب روش برتر در تحلیل حوادث فاجعه بار در صنایع فولاد سازی (ایران) می باشد.
روش کار: این پژوهش درسه فاز اصلی انجام شده است. در فازاول دو حادثه فاجعه بار جهت تحلیل انتخاب و با استفاده از توانمندی های دو روش FTA و Tripod beta علل بروز آنها شناسایی گردیدند. در فاز دوم هفت معیار جهت مقایسه دو روش تعریف و در فاز سوم دو روش با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و بر اساس معیار های منتخب، وزن دهی و مورد مقایسه قرار گرفتند.
نتایج : نتایج این پژوهش نشان داد که معیار تعداد علل شناسایی شده با وزن ۰/٤۳۵دارای بالاترین وزن و بعد از آن به تر تیب توانایی کمی شدن با وزن ۰/۰۷، هزینه تحلیل با وزن ۰/۰۵۹، زمان مورد تحلیل حادثه با وزن ۰/۰۳۸، و نیاز به نرم افزار با وزن ۰/۰۳٦ قرار دارند.
نتیجه گیری: با در نظر گرفتن کلیه معیارهای منتخب روش FTA با وزن۰/٦۲٤ برتر از روش Tripod beta با وزن ۰/۳۵ شناخته شد.

واژگان کلیدی:تحلیل حوادث، صنعت فولاد سازی، FTA، Tripod beta،AHP

مقدمه

طبق آمار منتشره روزانه به طور متوسط ٦۰۰۰ نفر در اثر حوادث یا بیماری های ناشی از کار فوت می شوند که جمعا بیش از ۲/۲ میلیون فوت ناشی از کار در سال می باشد (Somavia 2005).

حوادث ناشی از کار از سویی سبب ناراحتی فرد کارگر و از سویی دیگر از بین رفتن سرمایه و تزلزل بنیان اقتصادی جامعه می گردد.

از این رو ضرورت تحلیل حوادث به منظور تعیین علل ریشه ای آنها در راستای پیشگیری از تکرار مجددشان بیش از پیش مشخص می گردد.

تحقیقات حوادث همواره بخش انکار ناپذیری از علم ایمنی محسوب می شود به طوری که طراحی صحیح و اجرای مناسب آن پایه ای برا ی اقدامات پیشگیرنده در مورد حوادث احتمالی در آینده فراهم می سازد (Mohamad Fam et al. 2010).

در صنایع بزرگ ایران هنوز سیستم منسجمی جهت ریشه یابی حوادث وجود ندارد. لذا برای جلوگیری از وقوع حوادث تکراری، لازم است که به کمک یک روش نظام مند، حوادث به طور ریشه ای علت یابی شده و اقدامات اصلاحی متعاقب آن صورت گیرد. تجزیه تحلیل ریشه ای حوادث در واقع روشی است که مشخص می کند چه، چگونه، وچرا یک حادثه اتفاق افتاده است. در این روش ها ضعف های اساسی سامانه شناسایی شده و نحوه ارتباط آن

در ایجاد شرایط و اعمال ناایمن که منجر به وقوع حادثه شده، شرح داده می‌شود (Johnson 2003).

برای تحلیل علمی حوادث طی دهه های گذشته روش های زیادی گسترش یافته اند. هر کدام از این روش ها دارای کاربردها و کارایی های متفاوتی هستند که با استفاده از دیدگاه ها ی مختلفی به تحلیل حوادث می پردازند.

هرچند انتخاب روش مناسب برای تحلیل حوادث دارای اهمیت می‌باشد، اما در این راستا مطالعاتی کیفی صورت گرفته است. در یکی از این مطالعات که بوسیله Sklet در سال۲۰۰٤ ارایه شده به منظور مقایسه متدهای تحلیل حادثه، تعدادی از روش‌های کاربردی تحلیل حادثه معرفی شده اند. در این مطالعه متدهای مورد بحث با توجه به معیارهای تعریف شده مورد مقایسه قرار گرفته اند که نتیجه این پژوهش به صورت شرح توانمندی روش ها از نظر معیارها گزارش شده است.

پژوهشی دیگر نیز در رابطه با مقایسه سه روش تحلیل حادثه توسط Nivolianitou و همکارانش انجام شده که در این مطالعه معیارهایی برای مقایسه تعریف و روش ها با توجه به معیارها مقایسه شدند. در این پژوهش کارایی روشها از نظر معیار ها به صورت (خوب، متوسط بودن و کافی بودن) آن روش در معیار مربوطه گزارش شده است(Nivolianitou et al. 2004).

همچنین مطالعه ای دیگر برای ارزیابی متدهای تحقیقات حادثه در سال ۲۰۰۸ انجام شده که درآن سیزده روش با توجه به معیار های تعریف شده مورد مقایسه قرار گرفتنند که نتیجه در این پژوهش نیز به صورت توصیف کارایی روش ها از نظر معیار های منتخب بوده است (Katsukiori et al. 2009).

انتخاب و استفاده از تکنیک مناسب آنالیز جهت تجزیه وتحلیل حوادث گامی مهم محسوب می شود. به عبارت دیگر در صورتیکه تکنیک انتخابی بطور مناسب صورت نگیرد یافته های حاصل از آنالیز نه تنها ممکن است کمکی در ریشه یابی علل حوادث نکند بلکه با ارایه اطلاعات غلط محقق را در مسیری نامناسب هدایت کند.

اهداف اصلی در این مطالعه، ا نتخاب معیارهای مناسب جهت مقایسه دو روش Fault tree Tripod Beta (FTA) و analysis و انتخاب روش برتر جهت تحلیل حوادث فاجعه بار می‌باشد.

در این پژوهش مقایسه دو روش جهت انتخاب روش برتر با استفاده از Analytical Hierarchy Process (AHP) انجام شده است. در به کارگیری این فرایند، تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه میسر می‌شود و امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در مساله وجود دارد.

در AHP مقیاسی برای اندازه گیری معیارهای کیفی تهیه و روشی برای تخمین و برآورد اولویت ها فراهم می شود که در نتیجه منجر به برآورد رتبه نهایی هر گزینه می گردد. در این مقایسه با درنظر گرفتن اولویت های وابسته به عوامل در یک سیستم و برقراری تعادل بین آنها قادر خواهیم بود که بهترین گزینه (روش) را بر اساس اهدافمان انتخاب نماییم (Saaty 1980).

در حقیقت در این مطالعه، ارجحیت روش ها از نظر معیارها، ارجحیت معیارها و همچنین اولویت نهایی روشها به صورت کمی مشخص گردیده است.

روش FTA (درخت خطا): یک مدل منطقی سمبولی به شکل درختی است که از بالا به پایین ایجاد شده و رویداد های خطرناک را نشان می دهد. این مدل مسیر های خطرناک را از یک رویداد یا شرایط نامطلوب و از پیش شناسایی شده به نام رویداد اصلی تا رسیدن به خطر ها یا عیوبی که می توانند به عنوان عامل سببی عمل کنند (رویدادهای پایانی) دنبال می کند.

با رده بندی رویدادهای پایانی بر حسب نقش آنها در بروز حادثه، کوچکترین و در عین حال مهمترین ترکیبهایی از رویداد های پایانی که برای وقوع حادثه لازم و کافی می باشند (برشهای حداقل) مشخص می‌شوند (Sklet 2004).

روش Tripod- beta : تیوری Tripod بر مبنای این فرضیه استوار است که همیشه هر حادثه، توالی یک سری رویداد است که چندین علت دارد. نقص های سطحی نظیر اعمال ناایمن، جداگانه اتفاق نمی افتد بلکه متأثر از یک سری عواملی خارجی (پیش شرایط) هستند که این عوامل خودشان از یک سری نقص های نهان نشأت می گیرند. و نقص های نهان اغلب از تصمیمات یا اعمالی ناشی می شود که توسط طراحان، برنامه ریزان یا مدیران صورت می گیرد.

در این روش، کلیه نقص های نهان به ۱۱ نوع خطا تقسیم بندی می شود، که هر دسته از آنها سطح متمایزی از فعالیت های مدیریت را نشان می دهد. (Mohamad Fam et al. 2010)

لازم بذکر است که مهمترین محدویت این تحقیق، امکان دستیابی به نتایج تحلیل های قبلی حوادث مورد مطالعه و مشخصات فنی سیستم های درگیر در حادثه بود که تا حد زیادی از آن با همکاری واحد HSE (ایمنی، بهداشت و محیط زیست) صنعت مورد مطالعه بر طرف گردید.

روش کار

این مطالعه در یک صنعت فولاد سازی در شهر اصفهان انجام شده است. جمع آوری داده ها با استفاده از روش Walking-Talking-Trough به صورت مشاهده، مصاحبه و بررسی مستندات صورت گرفته است.

با بررسی حوادث مربوط به ۳۰ سال گذشته این صنعت، با هماهنگی واحد HSE دو حادثه فاجعه بارجهت تحلیل با استفاده از این دو روش انتخاب گردیدند.

حادثه اول: انفجار در تونل باطری کک سازی به علت نشت گاز کک

حادثه دوم: تخلیه و پاشش ناگهانی آب جوش و بخار از دهانه ولو دیگ بخار

علت انتخاب دو حادثه فوق داشتن خسارت زیاد (بیش از یک میلیارد ریال) و احتمال تکرار پذیری آنها در سامانه ی مورد مطالعه بوده است.

درفاز اول این مطالعه پس از آشنایی کامل با پروسه مربوط به واحد کک سازی ودیگ های بخار بااستفاده از توانمندیهای دو روش FTA و Tripod beta مهمترین عوامل موثر در بروز این دو حادثه شناسایی گردیدند.

در فاز دوم این مطالعه معیار هایی برای مقایسه این دو روش انتخاب شد.

در مطالعات گذشته معیارهای مختلفی برای مقایسه روش های تحلیل حادثه مورد توجه قرار گرفته اند که از آن جمله، به ترتیب وقایع، عامل وقایع، اثرات مترتب، مدل سازی زمان، سطوح مختلف نمایش، فرضیات مدل سازی، ناهمگونی در مدل سازی، تسهیلات همکاران، بحرانی بودن رویداد، مدل سازی بازیابی خطا، سنجش راههای کنترلی، توصیفی بودن روش تحلیل حادثه، توانایی در آشکار ساختن علل پنهان حادثه، ارایه توصیه هایی جهت بهبود وضعیت ایمنی، نیاز های آموزشی جهت اجرا و پیاده سازی روش، قابلیت اطمینان و معتبر بودن روش و زمینه کاربرد روش تحلیل حادثه می توان اشاره کرد (Skelt 2004; Nivolianitou et al. 2004; Katsakiori et al. 2009)

معیار های انتخاب شده برای مقایسه و ارزیابی دو روش FTA و Tripod beta در این مطالعه با بررسی مطالب مرتبط در کتب رفرنس و مقالات مشابه، معیارهای اولیه برگزیده شده و سپس از طریق روش مقایسه زوجی و با نظر خبرگان انتخاب شدند.

معیار های منتخب شامل موارد زیر بودند:

۱- زمان مورد نیاز تحلیل حادثه

۲- هزینه های تحلیل حادثه

۳- نیاز های آموزشی جهت اجراء و تحلیل حادثه

٤- متخصص های مورد نیاز جهت تحلیل حادثه

۵- تعداد علل شناسایی شده که در حادثه نقش داشته اند. (برای مقایسه با توجه به این معیار تعداد رویداد های پایانی در درخت خطا با علل های پنهان در Tripod beta مورد مقایسه قرار گرفته اند.)

٦- توانایی کمی شدن

۷- نیاز داشتن به نرم افزار جهت تحلیل حادثه

در فاز سوم این مطالعه پس از تعیین معیارهای یاد شده، با استفاده از توانمندی‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) روش برتر برای آنالیز حوادث فاجعه باردر این گونه صنایع انتخاب شد.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی که یک روش تصمیم گیری برای حل مسایل چند معیاره پیچیده در حوزه‌های کاری مختلف است، روشی کمی برای انتخاب گزینه‌ها براساس عملکرد نسبی آنها نسبت به یک یا تعداد بیشتری معیار است (Linko et al. 2007).

در استفاده از این روش برای ارزیابی تکنیک های مورد نظر، گام اول ساختن سلسله مراتبی می‌باشد که شامل ایجاد یک نمایش گرافیکی از مساله است که در آن هدف، معیارها وگزینه‌ها نشان داده می‌شوند. (شکل ۱)

سطح یک در سلسله مراتبی هدف را نشان داده که انتخاب روش برتر می‌باشد و در سطح دوم هفت معیار مساله مطرح گشته و در سطح آخر گزینه‌ها (روش‌های FTA و Tripod beta) نشان داده شده‌اند.

گام دوم محاسبه وزن‌ها می‌باشد. در فرایند تحلیل سلسله مراتبی عناصر در هرسطر نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌گردد. که این وزن ها را وزن نسبی می‌نامیم. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌گردد که آن را وزن مطلق می‌نامیم. وزن نهایی از مجموع حاصل ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه ها به دست می‌آید (Ghodsipour 2007).

برای بدست آوردن وزن روش‌ها از نظر معیارها (وزن نسبی روش‌ها) ابتدا دو روش FTA و Tripod beta از نظر معیارهای تعریف شده مقایسه شده و وزن هر روش نسبت به این معیارها مشخص می‌گردد. مقایسه‌ها به شکل زوجی انجام می‌شود که برای این کار از یک روش استاندارد استفاده شد. روش کار به این ترتیب است که تصمیم گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده می‌کنند و به هر مقایسه زوجی عدد ۱ تا ۹ نسبت داده می‌شود. معنی هر عدد در جدول شماره ۱، مشخص شده است.

بدین ترتیب ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی برای روش‌ها نسبت به معیارها بدست می آیند.

جهت محاسبه وزن هر گزینه از ماتریس مقایسه زوجی (وزن نسبی) چندین روش وجود دارد در این مطالعه از روش میانگین حسابی استفاده شده است. این روش شامل سه قدم زیر است:

قدم اول: مقادیر هریک از ستون ها در ماتریس مقایسه زوجی را با هم جمع می کنیم.

قدم دوم: هر عنصر در مقایسه زوجی را به جمع ستون خودش تقسیم کرده تا ماتریس مقایسه زوجی نرمالیزه شود.

قدم سوم: میانگین عناصر در هر سطر از ماتریس نرمالیزه را محاسبه می‌کنیم این مقادیر متوسط یک تخمین از وزن های مورد نظر است.

بعد از محاسبه وزن روش‌ها نسبت به کلیه معیارها، وزن معیارها نیز باید مشخص گردد به عبارت دیگر سهم هریک از معیارها را در تعیین بهترین روش مشخص می‌نماییم. فرایند بدست آوردن وزن نسبی معیارها شبیه تعیین وزن روش‌ها نسبت به معیارها می‌باشد. برای این کار معیارها نیز به طور زوجی مقایسه شدند (براساس مقایس ۹ کمیتی ساعتی) و بعد از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی، وزن نسبی آنها تعیین شد. در پایان با ترکیب وزن‌های نسبی (وزن نسبی روش‌ها و وزن نسبی معیارها) وزن نهایی روش‌های FTA و Tripod beta مشخص گردید.

لازم به توضیح است که در این پژوهش وزن نهایی دو روش یکبار هم بدون در نظر گرفتن معیار توانایی کمی شدن مورد محاسبه قرا گرفته و سپس دو روش با توجه به شش معیار دیگر مقایسه شده‌اند.

نتایج

درخت خطای حادثه انفجار در تونل باطری به علت نشت گاز کک دارای ۲۵۸ رویداد پایانی می‌باشد. براساس نتایج حاصله از تحلیل این درخت خطا مشخص گردید که برای وقوع این حادثه ۷۰۸ ۵ راه با احتمال های مختلف وجود دارد (برش های حداقل). شکل ۲ یکی از این برش های حداقل را نشان می دهد. درخت خطای مربوط به حادثه «تخلیه و پاشش ناگهانی بخار و آب جوش از دهانه ولو دیگ بخار » دارای ۱۳۳ رویدادپایانی و برای وقوع این حادثه ۳۲۸ راه با احتمال های مختلف وجود دارد. (برش های حداقل)

نتایج حاصل از تحلیل دو حادثه با استفاده از روش Tripod beta نشان می دهد که در وقوع حادثه انفجار در تونل باتری به علت نشت گاز کک ۹۷ پیش شرایط و ۱۱۵ علل پنهان ودر حادثه دوم ۲۰ پیش شرایط و ۲۶ علل پنهان دخیل بوده اند.

نتایج حاصل از مقایسه دو روش با استفاده از AHP در جداول ٤-۲ آورده شده است.

جدول ۲ وزن هریک از روش ها را نسبت به کلیه معیارهای منتخب نشان می دهد. جدول ۳ وزن هفت معیار انتخاب شده و جدول ٤ اولویت نهایی دو روش FTA و Tripod beta را در دو حالت با در نظر گرفتن کلیه معیارها و بدون در نظر گرفتن معیار توانایی کمی شدن نشان می دهد.

محاسبه وزن نهایی روش ها با در نظر گرفتن کلیه معیارها نشان می دهد روش FTA با وزن ۰/٦۲٤ برتر از روش Tripod beta با وزن ۰/۳۵۰ می باشد.

بحث

محاسبه وزن نسبی روش ها با توجه به معیارهای تعریف شده نشان می دهد که روش Tripod beta از نظر زمان تحلیل حادثه (با وزن ۰/۹)، هزینه تحلیل حادثه (با وزن ۰/۸۸)، نیاز های آموزشی جهت اجراء (با وزن ۰/۹)، متخصصین فنی مورد نیاز (با وزن ۰/۸۷)، نیاز به نرم افزار (با وزن ۰/۹)، برتر از روش FTA می‌باشد در حالی که FTA در تعداد علل شناسایی شده در بروز حادثه (با وزن ۸۸۰) و توانایی کمی شدن (با وزن ۰/۹) قوی تر از Tripod beta عمل می نماید.

همان طور که نتایج فوق نشان می دهد برای تحلیل حوادث با استفاده از روش Tripod beta به زمان تحلیل، هزینه و متخصصان فنی کمتری نیاز داریم. همچنین این روش بدون نیاز به نرم افزار قابل اجرا و پیاده سازی می باشد. در صورتی که تحلیل حوادث با استفاده از روش FTA به مدت زمان قابل توجهی نیازمند است همچنین این روش نیازمند متخصصین فنی و آموزش جهت اجرا می باشد و برای تحلیل سیستم های پیچیده استفاده از این روش نیازمند نرم افزار اختصاصی و در نهایت هزینه ای بیشتر است. ولی در بکار گیری این روش تعداد علل شناسایی شده در وقوع حادثه بیشتر از Tripod beta و همچنین FTA دارای توانایی کمی شدن نیز می باشد.

همان طور که نتایج حاصل از تحلیل حوادث با استفاده از این دو روش نشان می دهد FTA روشی است که در شناسایی مجموعه علت های منجر به وقوع حادثه وخطاها با علل مشترک، تعیین عواملی که بیشترین تاثیر بر روی حادثه نهایی را دارند، مشخص کردن روابط منطقی بین علل بروز حادثه توانمند بوده و همچنین روشی مفید برای شناسایی علت های نقص تجهیزات می باشد به طوری که یک نمایش دیداری از سیستم و عوامل مرتبطی که دچار نقص می شوند ارایه می نماید. در حالیکه Tripod beta روشی است که مسیر های علت بروز یک حادثه بر هر رویداد را به خوبی نشان می دهد و پیش شرایط، علل پنهان و علل بی واسطه در این روش به خوبی مشخص می شوند. این روش بیشتر به منظور ارزیابی عملکرد عوامل و خطاهای سازمانی، مدیریتی و پیرو آن خطاهای انسانی و فنی به کار برده می شود بطوریکه علل اینگونه خطاها، ریشه یابی شده و با تمرکز بر انواع این خطاها کلیه نقص های نهان مربوط به یک حادثه شناسایی می گردند.

جالب توجه است که در پژوهشی که Skelt در سال ۲۰۰٤ در خصوص مقایسه تعدادی از روش‌های تحلیل حادثه انجام داده است FTA را روشی که در شناسایی نقص‌ها، موانع و حفاظ‌هایی که عمل نکرده‌اند مفید دانسته است. در نتایج این پژوهش گزارش گردیده که FTA نیازمند متخصصان، آموزش و مدت زمان زیادی جهت اجرا و پیاده‌سازی می‌باشد در حالی که جهت بکارگیری Tripod beta به متخصصانی مانند FTA نیاز نمی‌باشد.

همچنین در مطالعه ای که Katsakiori و همکارانش برای مقایسه تعدادی از روش‌های تحلیل حوادث با توجه به معیارهای تعریف شده در سال ۲۰۰۸ انجام دادند FTA را روشی که بکارگیری آن نیازمند متخصصان و Tripod Beta را روشی عملی و نسبتاً آسان معرفی کرده‌اند.

محاسبه وزن معیارها جهت تعیین سهم هریک از معیارها در تعیین روش برتر نشان می‌دهد که معیار تعداد علل شناسایی شده با وزن ۰/٤۳۵ دارای بالاترین وزن و بعد از آن به تر تیب توانایی کمی شدن با وزن ۰/۰۷، هزینه تحلیل با وزن ۰/۰۵۹، زمان مورد نیاز تحلیل حادثه با وزن ۰/۰۳۸، و نیاز به نرم افزار با وزن ۰/۰۳٦ قرار دارند.

با توجه به اینکه وزن معیارها منعکس‌کننده اهمیت آنها در تعیین روش برتر و وزن هر کدام از روش‌ها نسبت به معیارها سهم آن روش در معیار مربوطه می‌باشد محاسبه وزن نهایی روش‌ها نشان می‌دهد که روش FTA با وزن ۰/٦۲٤ برتر از روش Tripod beta با وزن ۰/۳۵۰ در تحلیل حواث فاجعه بار می‌باشد.

مقایسه دو روش با استفاده از AHB بدون در نظر گرفتن معیار توانایی کمی شدن نشان می‌دهد، که وزن نهایی روش FTA ۰/٤۹ و وزن نهایی روش Tripod Beta ۰/٤٤ می‌باشد با توجه به اینکه ۰/۰۵ قابل اغماض می‌باشد بدون در نظر گرفتن این معیار دو روش بر یکدیگر برتری ندارند.

نتیجه گیری

حوادث بزرگ هیچگاه در اثر یک علت به وقوع نمی‌پیوندند و اغلب این حوادث در اثر علت‌های متعدد و مرتبط رخ می‌دهند، هر کدام از روش‌های مورد بحث کارایی‌ها، توانمندی‌ها و کاربردهای متفاوتی دارند، و از دیدگاه‌های مختلفی به تحلیل حوادث می‌پردازند.

در صورتی که در تحقیقات حوادث سرعت عمل عاملی مهم برایمان باشد و به کمی شدن نتایج نیازی نباشد Tripod beta جهت تحلیل حوادث گزینه‌ای برتر از FTA می‌باشد. و در صورتی که برای تحلیل حوادث زمان و منابع کافی در اختیار داشته باشیم و بخواهیم نقص‌های تجهیزاتی سیستم نمایان شوند FTA برتر از Tripod beta عمل می‌نماید.

از آنجایی که انجام تحقیقات حادثه بطور کامل و جامع به خصوص در حوادث بزرگ و پیچیده نیازمند شناسایی کلیه علت‌های بروز یک حادثه اعم از خطاهای انسانی و خطاهای تجهیزاتی می‌باشد بکار بردن هر دو روش به طور مکمل جهت بررسی و تحلیل حوادث در اینگونه صنایع پیشنهاد می‌گردد.

در صورتی که بتوانیم جهت بررسی و تحلیل حوادث از هر دو روش استفاده کنیم تعیین علل حوادث از جنبه‌های مختلف اعم از عواملی انسانی، شغلی، مدیریتی، سازمانی و تجهیزاتی میسر خواهد شد و از نگاه تک بعدی به علل حوادث جلوگیری می‌گردد.

بدیهی است هرچه علت‌های یک حادثه به طور کاملتر و بیشتر مشخص گردند، امکان ارایه راهکارهای جامع‌تر برای پیشگیری از بروز حوادث در آینده وجود خواهد داشت. یک تحقیقات کامل به عنوان فرصتی مناسب جهت یادگیری نحوه پیشگیری حوادث آتی تلقی می‌شود و از نتایج تحقیقات با روش‌های متفاوت می‌توان در ارتقاء سیستم‌های مدیریتی و شغلی در سازمان استفاده نمود.

ادامه این تحقیق، مقایسه و ارزیابی دگر روش‌های تجزیه و تحلیل حوادث به منظور شناسایی توانمندی‌ها، محدودیت‌ها و زمینه کاربرد این روش‌ها پیشنهاد می‌گردد

که بتوان با توجه به منابع موجود در سازمان و انتظاراتی که از تحقیق حوادث می‌رود روش مورد نظرمان را برای تحلیل حوادث انتخاب نمود.

از آنجائیکه ممکن است تجزیه و تحلیل حوادث کوچک با استفاده از این دو روش مقرون به صرفه نباشد تحقیق و بررسی در خصوص دیگر روش‌های تحلیل حوادث جهت بکار بردن آنها برای این قبیل حوادث پیشنهاد می گردد.

جدول۱ – مقادیر عددی معادل برای ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم تر یا کاملاً مطلوب تر	(Extremely Preferred)	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	(Very Strongly Preferred)	۷
ترجیح یا مطلوبیت قوی	(Strongly Preferred)	۵
کمی مرجح یا کمی مهمتر یا کمی مطلوب تر	(Moderately Preferred)	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	(Equally Preferred)	۱
ترجیحات بین فواصل فوق		۸، ٦، ٤، ۲

نتایج حاصل از مقایسه دو روش با استفاده از روش AHP

جدول ۲ – وزن نسبی روش های تحلیل حادثه بر اساس معیارهای منتخب

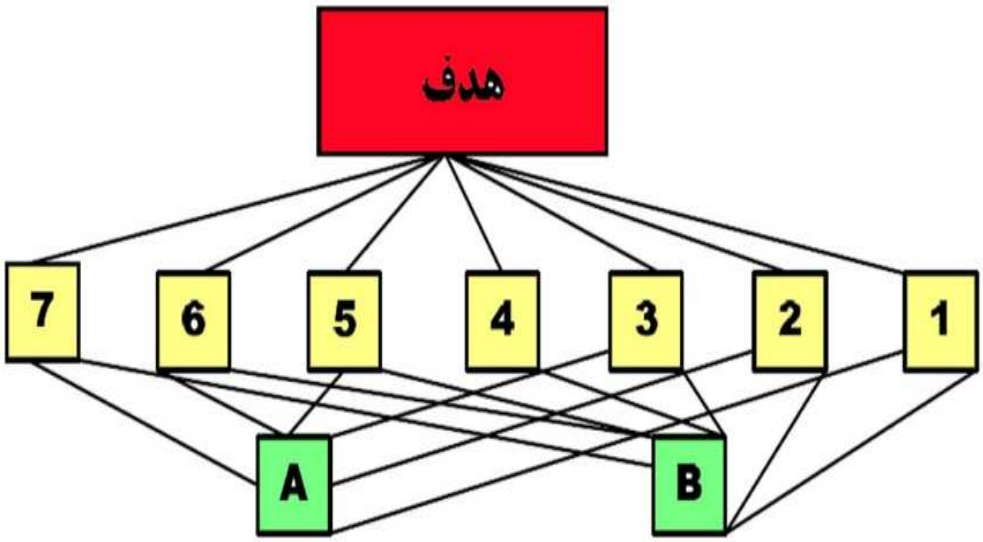
روش‌ها	نیاز به نرم افزار	توانایی کمی شدن	تعداد علل شناسایی شده	متخصصین فنی مورد نیاز	نیازهای آموزشی جهت اجرا	هزینه تحلیل حادثه	زمان مورد نیازتحلیل حادثه
FTA	۰/۱	۰/۹	۰/۸۸	۰/۱۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱
Tripod	۰/۹	۰/۱	۰/۱	۰/۸۷	۰/۹	۰/۸۸	۰/۹

جدول ۳– وزن نسبی معیارهای منتخب برای مقایسه روش های تحلیل حادثه

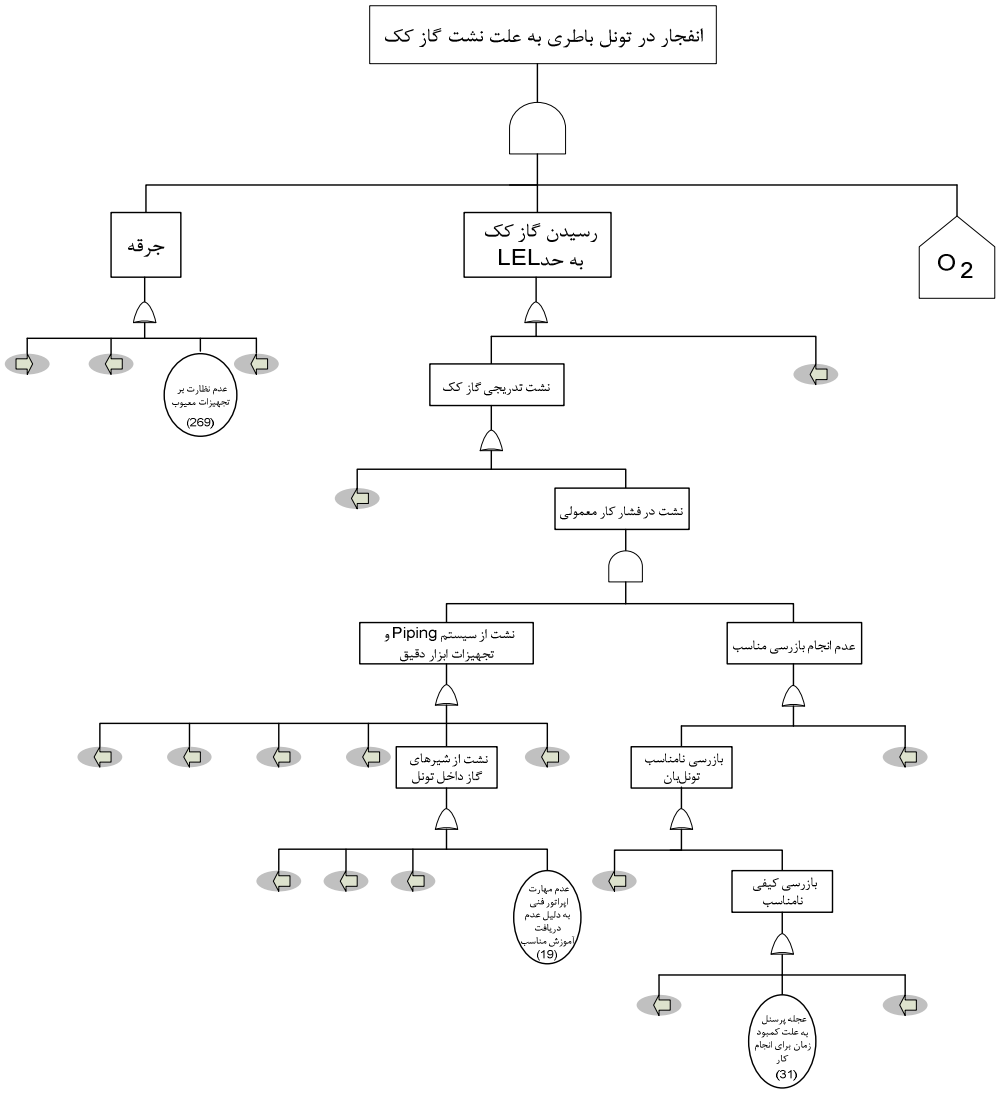
معیارهای منتخب	نیاز به نرم افزار	توانایی کمی شدن	تعداد علل شناسایی شده	متخصصین فنی مورد نیاز	نیازهای آموزشی جهت اجرا	هزینه تحلیل	زمان مورد تحلیل
وزن معیارها	۰/۰۳٦	۰/۲۳	۰/٤۳٥	۰/۱۱۸	۰/۰۷	۰/۰٥۹	۰/۰۳۸

جدول ٤- اولویت نهایی روش های منتخب تحلیل حادثه

اولویت	روش	وزن نهایی (با در نظر گرفتن کلیه معیارها)	وزن نهایی (بدون در نظر گرفتن معیار توانایی کمی شدن
۱	FTA	۰/٦٢٤	۰/٤٩
۲	Tripod betab	۰/۳۵۰	۰/٤٤



شکل ۱- فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب روش برتر



شکل ۲- یک برش حداقل از درخت خطای انفجار در تونل باتری به علت نشت گاز کک

References

GHhodsi-pour, SH., 2007. Analytical hierarchy process (AHP), 5 Ed., *Amirkabir University of Tec. Pub.*, Tehran. [In Persian]

Johnson, CW., 2003. Failure in Safety Critical Systems. A Handbook of Incident and Accident Reporting, Glasgow University Press. Uk.

Katsakiori, P., Sakellaropoulos, G. and Manatakis, E., 2009. Towards an evaluation method in terms of their alignment with accident causation models. *Safety Science*. 47, pp. 1007-1015

Kontogiannis, T., V.Leopoulos, V. and Marmaras, N., 2000. A comparision of accident analysis techniques for safety critical man-machine systems. *International Journal of industrial Ergonomics*. 25, pp. 327-347

Linko, I., Satterstrom, F.K., Steevens, J., Ferguson, E. and Pleus, R.C., 2007. criteria decision analysis and environmental risk assessment for nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research*. 9, pp. 543-554

Mohamad FAM, I. and KKianfar, A. and Mohammad Faridan, A., 2010.

Application of Tripod-Beta approach and map overlaying technique to analyze occupation fatal accident in a chemical industry in Iran. *Journal Journal of IJOH*. 2, pp. 33-39

Nivolianitou, Z.S., Lepoulos, V.N. and Konstantinidou, M., 2004. Comparison of techniques for accident scenario analysis in hazardous systems. *Journal of Loss prevention in the process Industries*. 17, pp. 467- 475.

Saaty, T.L, 1980. The analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation, 1 ED, *McGraw-Hill*, New York.

Sklet, S., 2004. Comparison of some selected methods for accident investigation. *Journal of Hazardous Materials*. 111, pp. 29-37

Somavia, J., 2005. Facts on safety at work, 2005. Available from: www.ilocarib.org/ contendino/pdf.