مقاله اصلی

(Original Article)

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
p-ISSN: 2345-2455 e-ISSN: 2383 -1901
دوره ۲. شماره ۲. تابستان۱۳۹۳، صفحات ۱۱۳ تا ۱۲۳

استفاده از منطق فازی در برآورد احتمال شکست در آنالیز ریسک به روش درخت خطا

سمیه میرزا[۱] ، محمد جواد جعفری[۲]*، منوچهر امیدواری[۳]، سید محمد رضا میری لواسانی[۱]

۱. دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲. دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دانشکده صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران

چکیده

زمینه و هدف: روش تجزیه‌وتحلیل درخت خطا یک ابزار مناسب برای تجزیه‌وتحلیل شکست و تعیین نرخ آن می باشد. در برخی موارد به دلیل نبود اطلاعات در خصوص فرایند و رویدادهای اصلی، برآورد دقیق احتمال شکست مشکل است. در این‌گونه موارد، استفاده از ابزار فازی می‌تواند مفید باشد. در مطالعه حاضر به‌منظور برآورد احتمال شکست در آنالیز ریسک واحد تقطیر یک پالایشگاه نفت با روش درخت خطا از منطق فازی استفاده شد. در این مقاله ضمن بیان روش بکار رفته، نتایج حاصل از آنالیز ریسک رآکتور واحد تقطیر ارائه‌شده است.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی با اعمال HAZOPمخاطرات فرآیند موردبررسی تهیه و درخت خطای آن رسم شد. در صورت وجود نرخ احتمال ورودی به درخت خطا مقدار نرخ شکست از روابط مربوطه محاسبه شد. در غیر این صورت از منطق فازی استفاده شد. مراحل منطق فازی با انتخاب تیمی متشکل از خبرگان آغاز و به برآورد نرخ احتمال رویدادهای ریشه‌ای ختم شد. برای برآورد احتمال از فرمول توصیه‌شده توسط Onisawaاستفاده شد. پس‌ازآن نرخ رویداد اصلی از رابطه مربوطه محاسبه شد. سپس با استفاده از رابطه فاسل-وسلی بحرانی‌ترین MCS مشخص شد. در خاتمه اثربخشی حذف سه شکست ریشه‌ای مهم به‌صورت انفرادی و توأم موردبررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: استفاده از HAZOPبرای شناسایی مخاطرات رآکتور واحد تقطیر منجر به شناسایی ۴ علت اصلی و ۱۳ علت ریشه‌ای شد. از مجموع ۱۳ رویداد انتهایی، ۷ رویداد فازی و ۶ رویداد احتمالاتی بودند. نتایج نشان داد که حذف بحرانی‌ترین MCSیعنی A.3.2میزان قابلیت اطمینان رویداد اصلی را ممکن است به میزان ۹/۵ درصد افزایش داده و از ۰/۹۱۴ به ۰/۹۶۸ ارتقاء بخشد. هم‌چنین حذف توأم سه MCSبحرانی یعنی A2.2, A3.1, A3.2نیز میزان قابلیت اطمینان رویداد اصلی را به میزان ۴/۸ درصد از ۰/۹۱۴ به ۰/۹۹۱ افزایش داد.

نتیجه‌گیری: در هنگامی‌که اطلاعات کافی در خصوص فرایند و رویدادهای اصلی وجود ندارد، با استفاده از ابزار فازی می‌توان احتمال شکست را تعیین کرد.

کلمات کلیدی: منطق فازی، نرخ شکست، درخت خطا

مقدمه:

ارزیابی مخاطرات شامل دو مقوله کمی و کیفی است. در این خصوص از تکنیک‌های مختلفی نظیر تحلیل درخت خطا (FTA) می‌توان استفاده کرد. تحلیل درخت خطا یک روش ارزیابی کمی است. البته این کار زمانی انجام می‌شود که ارزیاب اطلاعات کافی در مورد نرخ و احتمال شکست تجهیزات داشته باشد. تحلیل درخت خطا FTAیک روش جزء گرا است در این حالت یک رویداد به عنوان رویداد رأس مشخص شده و با روش منطقی رو به پایین (از کل به جز) علت‌ها و ریشه‌های

نویسنده مسئول مکاتبات: Jafari1952@yahoo.com

وقوع رویداد رأس تعیین می‌شود. با مشخص شدن تمامی مقادیر احتمال رویدادها از ابتدا تا انتها، مقدار احتمال رخداد یک وضعیت نهایی و اغلب ناگوار سیستم تعیین می‌شود. بنابراین تجزیه‌وتحلیل درخت خطا یکی از مدل‌های مطلوب ارزیابی مخاطرات به شمار می رود. گاهی اوقات به دلیل عدم اطلاعات کافی، برآورد دقیق میزان شکست از اجزا یا احتمال وقوع رویدادهای ناخواسته دشوار است. علاوه بر این، به علت عدم دقت در اطلاعات رویداد پایه BE، نتیجه کلی نیز دارای عدم قطعیت می‌باشد. برای جلوگیری از چنین شرایطی، رویکرد فازی را می‌توان با روش FTAبکار برد تا ابهام و عدم وجود داده در رویدادهای پایه را کاهش دهد.

روش‌های مرسوم FTAبرای کمی کردن احتمال شکست سیستم، نیاز به یک پایگاه داده از صدها رویداد پایه دارد. پایگاه داده‌های حوادث معمولاً در صنایع وجود ندارد. برای رفع این مشکل، رویکرد فازی FTA توسط کلیمن و وینکلر پیشنهاد شد (۱). آن ها در مطالعه خود، برای کمی سازی درخت خطا در سیستم صنعت نفت در حالت وجود و یا عدم وجود داده های رویداد پایه از روش فازی استفاده کردند.

در کنفرانسی که در سال ۱۹۹۷ با موضوع مهندسی فراساحل برگزار شد مقاله‌ای توسط Amrozowiczو همکاران با موضوع تجزیه‌وتحلیل خطر به گل نشستن نفت‌کش‌ها ارائه شد. در آن مقاله، با استفاده از مدل درخت خطا و درخت پیامد خطر به گل نشستن نفت‌کش‌ها مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در آن مقاله اشاره شد که برخی از علل ریشه‌ای درخت خطا مرتبط با خطاهای انسانی بوده که دارای عدم قطعیت می‌باشد. لذا لازم است از منطق فازی در این رابطه استفاده شود (۲). منطق فازی در مواجهه و ارزیابی موقعیت های نادقیق و مبهم، امکانی را فراهم می‌سازد که دربرگیرنده قدرت خلاقیت و درک انسان از مفاهیم مبهم می‌باشد. منطق فازی می‌تواند یکی از عناصر اساسی در ارزیابی ریسک باشد (۳ و ۴). در همین رابطه مقاله‌ای که توسط Tyagiو همکارانش در سومین کنفرانس بین المللی مهندسی ایمنی و قابلیت اطمینان ارائه شد به کاربرد مدل فازی و پتری نت (Petry Net)در سنجش قابلیت اطمینان و تعیین نرخ شکست سیستم‌ها پرداخته شد. در مقاله فوق چنین عنوان‌شده است که استفاده از پتری نت بهتر از درخت خطا است. این مدل نه تنها کات ستها را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌دهد بلکه به ارزیابی پتری نت نیز می‌پردازد. در مقاله فوق به این نکته مهم اشاره‌شده است که پتری نت به‌مانند درخت خطا قابلیت تجزیه‌وتحلیل بیشتر از ۲۰ رویداد پایه را ندارد (۵).

در مقاله‌ای که توسط Voseنوشته شد، نرخ شکست به ۳ دسته، فرآیندهایی با پایه دانش، فرآیندهایی با پایه بانک اطلاعات و فرآیندهایی با پایه منطق تقسیم شدند (۶). در سال ۲۰۰۲ آندریو و همکارانش در مقاله‌ای که در کنفرانس بین‌المللی دهلی ارائه نمودند به کاربرد آنالیز مارکونسا و درخت خطا در طراحی تغییرات پیچیده اشاره نمودند. در آن مقاله به این نکته اشاره‌شده است که در صنایع کوچک درخت خطا وجود ندارد لذا برای صحت و دقت بیشتر، لازم است از حلقه مارکوف استفاده شود. البته اظهارشده است که در درازمدت نتایج ازنظر عددی تفاوت چندانی باهم نخواهند داشت (۷).

درجایی که برای علل ریشه‌ای بانک اطلاعات موجود نیست، با استفاده از منطق فازی و ترکیب آن با نظر خبرگان سعی شده که این مشکل برطرف شود. در سال ۲۰۱۰ رینجیت و همکاران در مقاله خود روشی را ارائه دادند که به‌وسیله آن اعداد فازی دیفازی شده و به روش چپ و راست معروف است. در این روش حد شیب αو βبا نظر متخصصان تعیین می‌شود (۸).

برای تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی می‌توان از روش مرکز گرانیگاه نیز استفاده نمود.. به دلیل اینکه این روش تمام نقاط حوزه تعریف و درجه عضویت

می‌گیرد روش دقیق‌تری برای دیفازی کردن به شمار می‌رود (۹، ۱۰ و ۱۱).

برای تعیین تعداد خبرگان و انتخاب کارشناسان، Millerاستفاده از اعداد جادوئی ۵-۹ را در تعیین اعداد فازی توصیه نمود (۱۲). در سایر پژوهش‌ها خبرگان به دو دسته همگون و ناهمگون تقسیم شده و چنین نتیجه‌گیری شده است که یافته‌های حاصل از گروه ناهمگون از ارزش بالاتری برخوردار است(۱۳ و ۱۴).

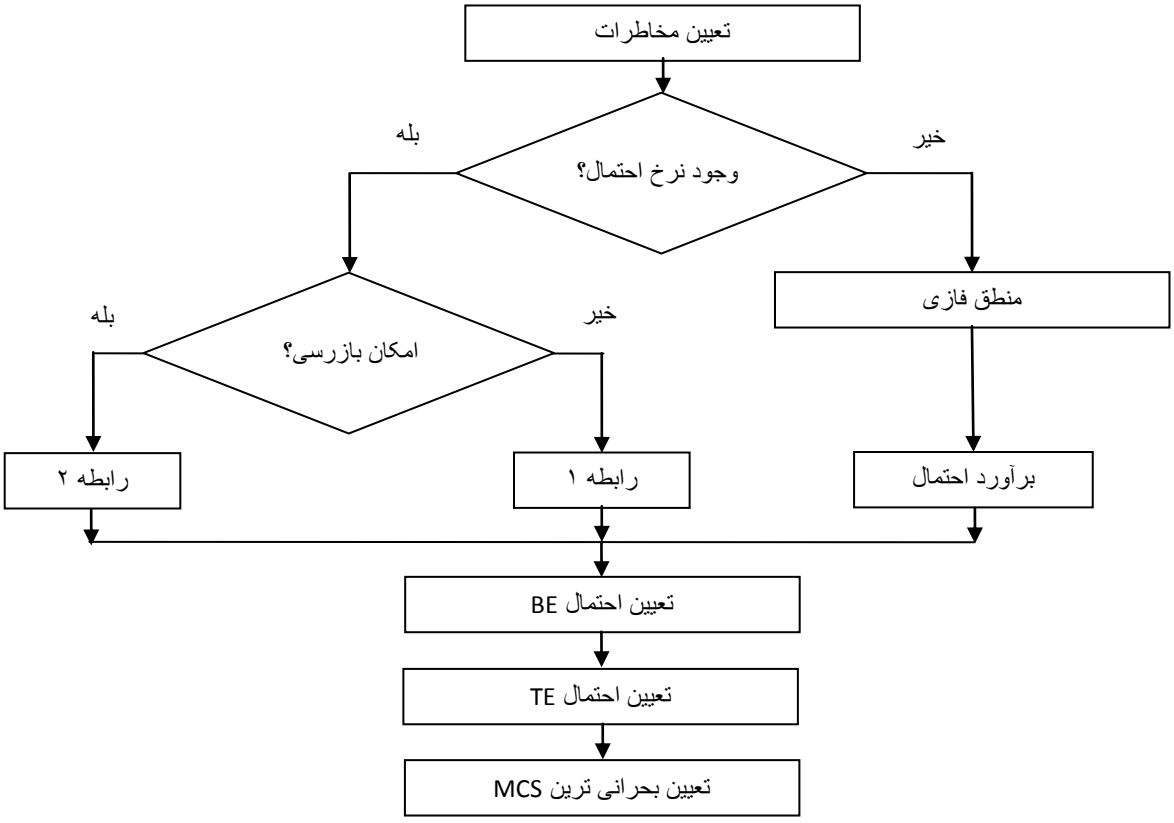
صنایع پالایش نفت از خطرناک‌ترین صنایع فرایندی به شمار می رود. علیرغم اینکه این واحدهای فرآیندی ابتدا در خارج از شهرها ساخته می شوند اما به دلیل رشد بی رویه شهرها این مجتمع ها به زودی در داخل شهرهای بزرگ قرار می گیرند که این امر تهدیدی برای بسیاری از ساکنان اطراف این مجتمع ها محسوب می شوند. در پالایشگاه ها بخش تقطیر بیشترین آمار شکست را به خود اختصاص داده است لذا آنالیز ریسک این بخش از فرآیند پالایش امر مهمی تلقی می شود.

با توجه به اینکه منطق فازی تا حد بسیاری برای رفع عدم قطعیت بکار می رود و با این فرض که بکار گیری نظر متخصصان برای دیفازی کردن با استفاده از فرمول مرکز گرانیگاه ممکن است عدم قطعیت را افزایش دهد مطالعه حاضر طرح ریزی شد. در این مطالعه، با استفاده از ترکیب FTA و فازی و با استفاده از فرمول مرکز گرانیگاه و دیفازی کردن، دقت تجزیه و تحلیل شکست برج های تقطیر یک واحد پالایشگاهی تعیین شد.

مواد و روش ها

در این مطالعه توصیفی با استفاده از منطق فازی احتمال شکست واحد تقطیر یک پالایشگاه نفت تعیین و سپس با استفاده از روش FTA ریسک آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

به همین منظور ابتدا با اعمال HAZOP مخاطرات فرآیند مورد بررسی تهیه و درخت خطای آن رسم گردید (شکل ۱).



شکل ۱. مراحل اجرای مطالعه

در این مرحله علل میانی و ریشه ای رآکتور تعیین شد. در ادامه، چک لیست و درخت خطای مخاطرات مربوط به رآکتور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

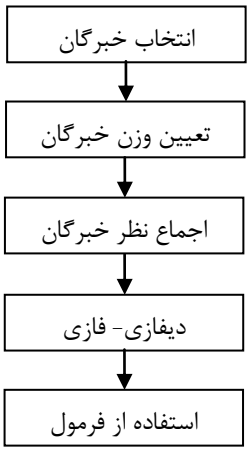
در تحلیل ریسک، نرخ احتمال ورودی به درخت خطا مورد ارزیابی قرار گرفت. در صورت وجود نرخ احتمال ورودی به درخت خطا با توجه به قابل بازرسی بودن و یا نبودن آن، مقدار نرخ شکست از روابط مربوطه محاسبه شد. به این ترتیب در صورت عدم امکان بازرسی از رابطه ۱ و در صورت امکان بازرسی از رابطه ۲ استفاده شد.

$$P(t) = 1 - e^{-\lambda T} \quad (\lambda T \le 0.1) \quad (1)$$

$$P(t) = \frac{\lambda T}{2} \qquad (\lambda T > 0.1) \qquad (2)$$

در صورتی که نرخ احتمال ورودی به درخت خطا وجود نداشت، از منطق فازی استفاده شد(شکل ۱).

اجرای منطق فازی دارای ۵ مرحله بود که در شکل ۲ نشان داده شده است. این مراحل با انتخاب تیمی متشکل از خبرگان مربوطه شروع و به برآورد احتمال ختم شد. برای برآورد احتمال از فرمول مرکز گرانیگاه (فرمول ذوزنقه ای) و فرمول Onisawa استفاده شد. در ادامه نحوه اجرای منطق فازی بیان شده است.



شکل ۲. مراحل مختلف استفاده از منطق فازی

الف. انتخاب خبرگان:

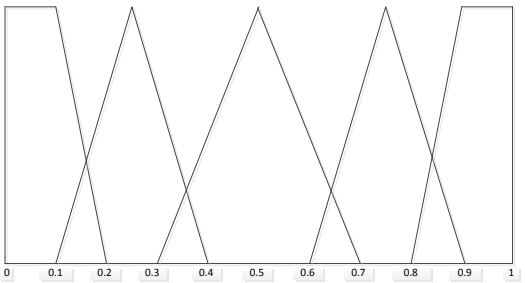
هنگامی که اطلاعات کافی وجود ندارد از نظر خبرگان استفاده می شود. خبره در این مطالعه به کسی گفته می شود که دارای اطلاعات کافی از سیستم مورد ارزیابی داشته و با روش آنالیز درخت خطا FTA آشنا باشد. در این مطالعه با توجه به توصیه Ishikawa و همکاران سه خبره تعیین شد(۱۵).

ب. وزن دهی خبرگان:

این ۳ کارشناس اهمیت یکسانی نداشتند، به همین دلیل برای تعیین وزن اهمیت این خبرگان از روش ارائه شده توسط لواسانی و همکاران استفاده شد (۱۶). در تعیین وزن اهمیت خبرگان از معیارهای عنوان، تجربه کاری، تحصیلات و سن استفاده شد. نمره اهمیت هر یک از این عوامل از مطالعه ای که Renjith و همکارانش انجام داده اند گرفته شد (۸). نحوه امتیاز دهی به اهمیت خبرگان در جدول ۱ نشان داده شده است. نمره وزنی نهایی هر خبره از تقسیم مجموع نمرات کسب شده توسط وی تقسیم بر مجموع نمرات کسب شده توسط کلیه خبرگان شرکت کننده در مطالعه بدست آمد.

ج. کمی سازی نظر خبرگان:

برای کمی سازی نظر خبرگان در خصوص میزان رخدادهای پایه، از ترم های زبانی استفاده شد. پنج ترم زبانی شامل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد بکار رفت. دامنه فازی ترم های زبانی بکار رفته در این تحقیق در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل۳. ترم های زبانی مورد استفاده خبرگان

جدول۱. معیار امتیاز دهی به خبرگان

ردیف	وضعیت	طبقه بندی	امتیاز
۱	عنوان	پروفسور	۴
		بازرس، کنترل کننده	۳
		سرپرست، سرکارگر	۲
		اپراتور	۱
۲	تجربه (سال)	۳۰	۴
		۲۰-۳۰	۳
		۱۰-۲۰	۲
		۵-۱۰	۱
۳	تحصیلات	دکترا	۵
		کارشناس و کارشناس ارشد	۴
		دیپلم	۳
		دارای مدرک فنی	۲
		زیر دیپلم	۱
۴	سن (سال)	> ۵۰	۴
		۴۰-۵۰	۳
		۳۰-۴۰	۲
		< ۳۰	۱

نظرات خبرگان با استفاده از روش ارائه شده توسط Hwangو Chen که در سال ۱۹۹۲ ارائه شد به صورت کمی درآمد (۱۷). وزن ترم های زبانی خبرگان که در کمی سازی نظر آنان استفاده شد در جدول ۲ استفاده شد.

جدول۲. وزن ترم های زبانی در کمی کردن نظر خبرگان

ترم زبانی	وزن ترم های زبانی			
خیلی کم	۰	۰	۰/۱	۰/۲
کم	۰/۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۴
متوسط	۰/۳	۰/۳	۰/۵	۰/۷
زیاد	۰/۶	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۹
خیلی زیاد	۰/۸	۰/۹	۱	۱

د. اجماع نظر خبرگان

برای اجماع نظر خبرگان نمره وزن هر خبره در نمره ترم های زبانی او ضرب شد. این کار طبق رابطه ۳ و بر اساس مطالعه Clemen و Winkler انجام شد(۱).

$$M_i = \sum W_i A_i J \quad (i = 1, 2, 3, \ldots, m) \quad (3)$$

در این رابطه: Wiنمره وزنی هر خبره، Aiنمره ترم های زبانی هر خبر و Jتعداد خبرگان می باشد.

ه. دیفازی کردن

در این مرحله، اعداد بدست آمده در بالا که معادل نظر خبرگان بوده و هنوز به صورت "امکانی" بود با استفاده

$$DE = \frac{1}{3} \times \frac{\left((a_4 + a_3)^2 - (a_4 \times a_3) + (a_1 \times a_2) - (a_1 + a_2)^2\right)}{(a_4 + a_3 - a_2 - a_1)} \quad (4)$$

از فرمول مرکز گرانیگاه (ذوزنقه ای) یعنی رابطه ۴ دیفازی شد.

و. تبدیل اعداد امکانی به احتمالی

عدد حاصل از مرحله دیفازی کردن هنوز به صورت امکانی می باشد. از آنجایی که درخت خطا احتمال می پذیرد، لذا باید عدد بدست آمده فوق از حالت امکانی به احتمالی تبدیل گردد. برای این کار از فرمول های

$$K = 2.301 \times \left(\frac{1 - FPS}{FPS}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

$$\text{Probability Rate} = \frac{1}{10^K} \quad (6)$$

Onisawa یعنی روابط ۵ و ۶ زیر استفاده شد (۱۸ و ۱۹). بعد از تعیین نرخ احتمال رویدادهای ریشه ای و به کمک بانک اطلاعات بدست آمده، نرخ رویداد اصلی (TE) از رابطه ۷ محاسبه شد. سپس با استفاده از رابطه فاسل-وسلی Fussell - Vesely (رابطه ۸) بحرانی ترین(MCS) Minimal Cut Setمشخص شد.

$$TE = 1 - (1 - MCS_1) \times (1 - MCS_2) \times (1 - MCS_3) \times \ldots\ldots \times (1 - MCS_n) \quad (7)$$

$$FV_i = \frac{MCS_i}{TE} \quad (8)$$

یافته ها

استفاده از HAZOPبرای شناسایی مخاطرات رآکتور واحد تقطیر منجر به شناسایی ۴ علت اصلی و ۱۳ علت میانی و ریشه ای شد. برخی از این علل میانی دارای علل ریشه ای نیز بودند که آن ها نیز مشخص گردیدند. به هر یک از این شکست ها طبق جدول ۳ یک کد اختصاص داده شد.

جدول۳. علل شکست رآکتور حاصل از مطالعه HAZOP

کد	علت اصلی	کد	علل میانی	کد	علل ریشه ای
A.1	افزایش فشار	A.1.1	افزایش جریان فشار	A.1.1.1	افزایش بیش از حد دور پمپ
		A.1.2	عمل نکردن جریان نگار خوراک	A.1.1.2	درست عمل نکردن شیر کنترل
A.2	افزایش خوردگی	A.2.1	عدم اعمال کنترل های مناسب بر فرایندها		
		A.2.2	عملکرد نامناسب یا شار نامناسب	A.2.3.1	وجود مواد خورنده داخلی
		A.2.3	وجود مواد خورنده	A.2.3.2	وجود مواد خورنده خارجی
A.3	افزایش دما	A.3.1	عدم کنترل دمای ورودی خوراک به رآکتور		
		A.3.2	گرفتگی کاتالیست		
		A.3.3	خرابی رآکتور		
A.4	افزایش جریان خوراک	A.4.1	عمل نکردن جریان نگار خوراک	A4.1.1	عمل نکردن سوئچینگ
		A.4.2	افزایش دور پمپ	A4.1.2	خرابی مدار الکتریکی

درخت تجزیه و تحلیل شکست رآکتور برج تقطیر که با استفاده از نتایج بدست آمده از جدول ۳ تهیه شد در شکل ۴ آمده است. نمره حاصل از وزن دهی به خبرگان در جدول ۴ ارائه شده است. نمره هر فرد از تقسیم مجموع نمرات کسب شده توسط هر خبره بر مجموع نمرات کسب شده توسط کلیه خبرگان مشارکت کننده در مطالعه بدست آمد.

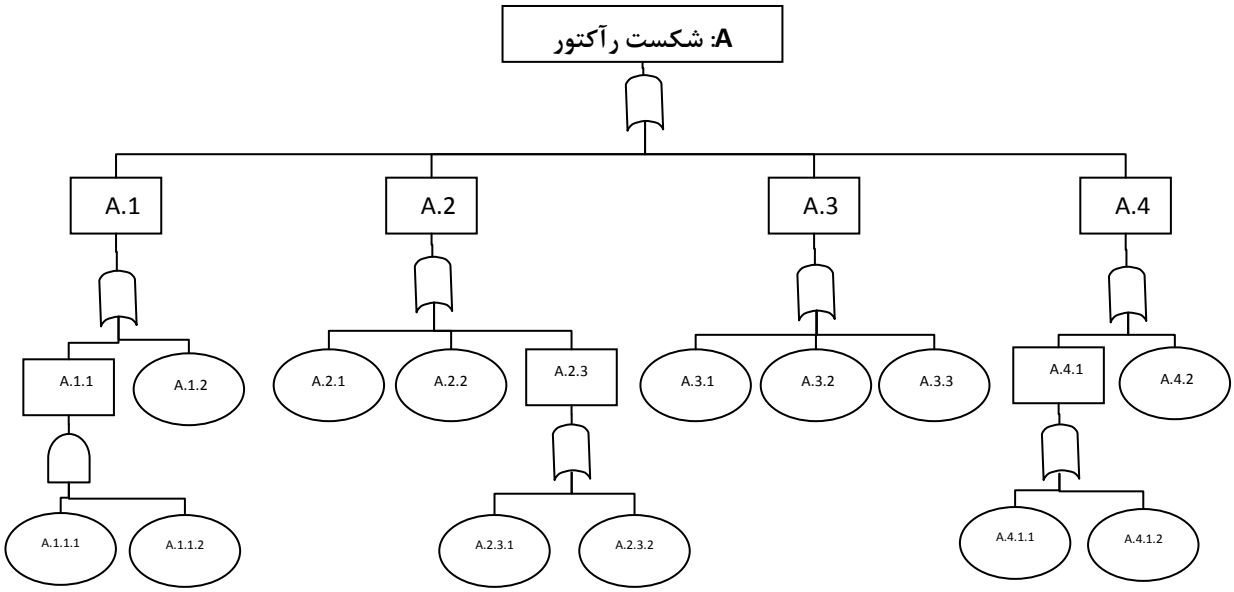
عدد حاصل از دیفازی کردن هر علت ریشه ای به عنوان نمره احتمال فازی (FPS(Fuzzy Possibility Score آن منظور شده، با قرار دادن آن در رابطه ۵ مقدار K برای هر یک بدست آمد.

از مجموع ۱۳ رویداد انتهایی، ۷ رویداد فازی و ۶ رویداد احتمالاتی بودند (جدل ۵). رویدادهای فازی طی مراحل عنوان شده در بخش روش تحقیق احتمالاتی شدند.

احتمال وقوع رویدادهای احتمالاتی بر حسب اینکه غیرقابل بازرسی یا قابل بازرسی بودند با استفاده از روابط (۱) و (۲) تعیین شد (جدول ۵).

پس از تعیین نرخ احتمال رویدادهای ریشه ای، نرخ رویداد اصلی TE از رابطه ۷ محاسبه شد. سپس با روش بیان شده در بخش روش ها و وسایل، بحرانی ترین MCS(Minimal Cut Set)مشخص شد. نتایج نرخ احتمالات علل ریشه ای به همراه رده بندی MCSها در جدول ۵ ارائه شده است.

اثر بخشی حذف هر یک از MCSهای اصلی نیز بررسی شد. نتایج برآورد احتمال وقوع رویداد اصلی در شرایط فعلی و در صورت حذف برخی از MCSها در جدول ۶ ارائه شده است.



شکل۴. درخت تجزیه و تحلیل شکست رآکتور برج تقطیر

جدول ۴. نمرات وزنی خبرگان انتخاب شده

خبرگان	سن	تحصیلات	تجربه	عنوان	نمره نهایی
خبره ۱	۲	۴	۲	۳	۰/۳۶۶
خبره۲	۲	۴	۲	۲	۰/۳۳۳
خبره۳	۲	۳	۲	۲	۰/۳۰۰

جدول ۵. نرخ احتمالات علل ریشه ای

کد علت ریشه ای	نوع علت ریشه ای	نرخ علل ریشه ای	رده بندی MCS	MCSهای بحرانی
$A_{1,1,1}$	فازی	۰/۰۰۰۱۸	$*۸/۳۲۹۹۹\times۱۰^{-۷}$	*۱۱
$A_{1,1,2}$	احتمالاتی	۰/۰۰۰۴		
$A_{1,2}$	احتمالاتی	۰/۰۰۰۰۴	$۴/۶۲۷۷۷\times۱۰^{-۴}$	۹
$A_{2,1}$	فازی	۰/۰۰۰۷۳	$۸/۴۴۵۶۸\times۱۰^{-۳}$	۷
$A_{2,2}$	فازی	۰/۰۱۵	$۷۳۵۴۱۴۲۳/۱\times۱۰^{-۱}$	۲
$A_{2,3,1}$	فازی	۰/۰۰۵	$۵/۷۸۴۷۱۴۱\times۱۰^{-۲}$	۴
$A_{2,3,2}$	فازی	۰/۰۰۲	$۲/۳۱۳۸۸۵۶\times۱۰^{-۲}$	۵
$A_{3,1}$	فازی	۰/۰۰۸	$۹/۲۵۵۵۴۲۵\times۱۰^{-۲}$	۳
$A_{3,2}$	فازی	۰/۰۵۶	$۶/۴۷۸۸۷۹۷۸\times۱۰^{-۲}$	۱
$A_{3,3}$	احتمالاتی	۰/۰۰۰۹	$۱/۰۴۱۲۴۸۵\times۱۰^{-۲}$	۶
$A_{4,1,1}$	احتمالاتی	۰/۰۰۰۴	$۴/۶۲۷۷۷\times۱۰^{-۴}$	۹
$A_{4,1,2}$	احتمالاتی	۰/۰۰۰۵	$۴/۶۲۷۷۷۱\times۱۰^{-۳}$	۱۰
$A_{4,2}$	احتمالاتی	۰/۰۰۰۰۴	$۵/۷۸۴۷۱۴\times۱۰^{-۳}$	۸

***A1.1.1×A1.1.2**

جدول ۶. نتایج اثر بخشی حذف مهم‌ترین MCSها

اقدام کنترلی	احتمال وقوع TE	قابلیت اطمینان TE
قبل از اقدام	۰/۰۸۶	۰/۹۱۴
حذف A.۳،۲	۰/۰۳۲	۰/۹۶۸
حذف A.۲،۲	۰/۰۳۲	۰/۹۲۸
حذف A.۳،۱	۰/۰۷۹	۰/۹۲۱
حذف A۳،۲, A.۳،۱, A.۲،۲	۰/۰۰۹	۰/۹۹۱

بحث

به نظر Abel Pintoوهمکارانش ارزیابی ریسک برای سلامتی و ایمنی کارکنان یک وظیفه پیچیده بوده و نیازمند توجه به پارامترهای مختلف آن می باشد. تحقیقات و مطالعات کیفی قبلی، برای پاسخگویی به سؤالات ناکافی بوده و به منظور رفع ابهامات موجود نیاز به جنبه‌های پایه‌ای مدل کمی ارزیابی ریسک جهت استخراج داده‌ها و کاربرد منطق فازی احساس می شود (۲۰). استدلال بکار رفته در مقاله Pintoو همکاران برای استفاده از مدل‌های کمی و قطعی در ارزیابی ریسک مشابه استدلال بکاررفته در مطالعه حاضر است.

تحقیق انجام گرفته توسط Tyagiو همکارانش در مورد آنالیز درخت خطا نشان داد که بررسی احتمال شکست رویداد پایه‌ای، مبنای اصلی آنالیز درخت خطا می‌باشد که به کمک منطق فازی (فرمول مثلثی و ذوزنقه ای) کمی می گردد. استفاده از منطق فازی در درخت خطا می‌تواند هم ارزیابی‌ها را ساده‌تر نموده و هم دقت را بالا ببرد (۵). این مسئله با نتیجه‌ای که از مطالعه حاضر بدست آمد همخوانی دارد.

با توجه به مطالعات صورت گرفته، احتمال شکست رویداد پایه به کمک اعداد فازی به وسیله کارشناسان مختلف با شرایط ناهمگون متفاوت خواهد بود. در این شرایط صحت انتخاب عدد فازی برای نشان دادن رویداد پایه بسیار اساسی می‌باشد. در نهایت این روش می‌تواند با کاهش عدم قطیت و ابهامات موجود، به بهبود قابلیت اطمینان و کاهش هزینه‌های سیستم کمک نماید. روش بکار گرفته شده در مقاله Tyagi و همکاران با روشی که در مطالعه حاضر بکار گرفته شد همخوانی دارد. در این مطالعه با استفاده از روش فازی دوطرفه نه تنها به کارشناسان وزن داده شد بلکه با استفاده از دیفازی کردن وزن رویدادهای انتهایی، وزن هر رویداد مورد سنجش قرار گرفت. وجه افتراق روش بکار رفته در مطالعه Tyagi و همکاران با مطالعه حاضر در همین قسمت بوده که شاید نقطه قوت مطالعه حاضر در خصوص کمی سازی و افزایش دقت محاسبه ضریب هر رویداد انتهایی به شمار می‌رود(۵).

یکی از مهم‌ترین، مسایلی که در مطالعه Tyagi و همکاران به آن اشاره نشده، این است که تمامی رویدادها در FTA به طور مستقل از یکدیگر حادث می‌شوند و وابستگی بین المان‌ها صفر در نظر گرفته شده است.

$$FTA = A \cup B = (A + B) - (A \times B)$$

بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته به این نتیجه منتهی شده که وابستگی بین المان‌ها در درخت خطا صفر نمی‌باشد. با توجه به این مشکل، در سال ۲۰۱۰ درخت خطایی به نام DFT برای اولین مرتبه توسط Celik و همکارانش ارائه شد که وابستگی بین علل ریشه‌ای را نشان می‌دهد. درخت خطای پویا (DFT)، بسط روش تحلیل استاندارد FT است و به طور خاص برای تحلیل سیستم‌های بر مبنای کامپیوتر، توسعه

یافته است. در پژوهش حاضر نیز بر همین اساس، فرض شد که بین دروازه‌های درخت خطا وابستگی وجود ندارد که لازم است در مطالعات بعدی مد نظر قرار گیرد (۲۱).

در این مطالعه پس از رتبه بندی علل ریشه ای، اثر بخشی حذف سه MCS مهم به صورت انفرادی و توأم مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا نقش حذف هر یک به تنهایی در افزایش میزان قابلیت اطمینان بررسی شد. سپس حذف هر سه MCS بحرانی به طور هم‌زمان مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که حذف بحرانی‌ترین MCS یعنی A.3.2میزان قابلیت اطمینان رویداد اصلی TE را به میزان ۵/۹ درصد افزایش داده و از ۰/۹۱۴ به ۰/۹۶۸ارتقاء بخشید (جدول ۶). هم چنین حذف توأم سه MCS بحرانی یعنی A.3.1, ،A.2.2, A.3.2 ، نیز میزان قابلیت اطمینان رویداد اصلی TE را به میزان ۸/۴ درصد افزایش داد.

برای حذف هر MCS باید عامل کنترلی مربوط به آن را مد نظر قرار داد. به عنوان مثال MCS شماره A.3.2که گرفتگی کاتالیست می‌باشد و بحرانی ترین MCS رآکتور به شمار می‌رود دارای نرخ احتمال شکست ۰/۰۵۶ ست که برای رفع آن می توان یک کاتالیست به موازات کاتالیست دیگر در طراحی اعمال گردد. از آنجایی که جلوگیری از بسیاری رویداد های انتهایی می‌تواند ریشه در بسیاری از پیش شرط ها از جمله طراحی، تعمیرات و نگهداری و آموزش داشته باشد، از بین بردن این رویدادهای انتهایی می‌تواند ریشه در طراحی داشته باشد. در صورت بکار بردن یک کاتالیست دیگر به صورت موازی با کاتالیست موجود، نرخ احتمال از ۰/۰۵۶ به ۰/۰۰۴ کاهش خواهد یافت که به عدد صفر بسیار نزدیکتر است. شرح محاسبات این مسئله در ذیل ارائه شده است:

$$R+Q=1 \rightarrow R=1-Q=1-0.056=0.946$$
$$R=1-\left[(1-R_1)(1-R_2).....(1-R_n)\right]$$
$$R=1-(1-0.946)(1-0.946)=0.004$$

با توجه به ساختار درخت خطا، MCSبحرانی دوم (A.2.2) عملکرد نامناسب یا جریان نامناسب می‌باشد، برای رفع این مشکل و کاهش احتمال شکست سیستم می‌توان از سیستم‌های کنترل جریان استفاده کرده و همچنین آموزش‌های مورد نیاز را برگزار نمود. با توجه به ساختار درخت خطا، سومین MCS بحرانی (A.3.1) عدم کنترل دمای ورودی خوراک به رآکتور می‌باشد که به منظور کاهش نرخ شکست آن می‌توان از سیستم بهبود کنترل دمای ورودی استفاده کرده توصیه ها و آموزش‌های مورد نیاز را به پرسنل مربوطه داد.

انجام این مطالعه کمک می‌کند تا با نگاه جدیدتر و نوآورانه‌تری به تکنیک درخت خطا پرداخت. روش های مرسوم FTA نیاز به یک پایگاه داده برای رویدادهای پایه دارد ولی تلفیق FTA با منطق فازی، محدودیت‌های عدم وجود داده و بانک اطلاعاتی را تا حدودی مرتفع نموده و می‌توان به کمک منطق فازی رویدادهای پایه کیفی را کمی ساخت. با این کار عدم قطعیت نیز تا حدود زیادی بهبود می‌یابد. بدین وسیله می‌توان نرخ رویداد اصلی را محاسبه نمود. همچنین می‌توان با کمی کردن رویدادهای پایه، میزان نرخ مشارکت هر رویداد پایه را در میزان رویداد اصلی بدست آورد و با توجه به احتمال و اولویت هر رویداد پایه با اقدامات اصلاحی مناسب آن‌ها را مرتفع نمود.

محدود بودن تعداد خبرگان و استفاده از خبرگانی با ویژگی‌های متفاوت از محدودیت‌های عمده این مطالعه به شمار می‌رود. عدم آزمایش تجربی به منظور تعیین صحت و دقت نتایج بدست آمده از دیگر محدودیت‌های این مطالعه به شمار می‌رود. ارائه روشی برای کمی کردن رویدادهای با پایه کیفی از نقاط قوت این مطالعه به شمار می‌رود.

References

1. *Clemen RT, Winkler RL. Combining probability distributions from experts in risk analysis. Risk analysis. 1999;19(2):187-203.*
2. *Amrozowicz MD, Brown A, Golay M. A probabilistic analysis of tanker groundings. 7th international offshore and polar engineering conference; Honolulu, Hawaii;1997. 1-19.*
3. *Zadeh LA. Fuzzy sets. Information and control. 1965;8(3):338-53.*
4. *Zimmermann HJ. Fuzzy Set Theory and its Applications. 2nd ed. Boston: Kluwer Academic Publisher; 1991. 36-43.*
5. *Tyagi SK, Pandey D, Tyagi R. Fuzzy set theoretic approach to fault tree analysis. International Journal of Engineering, Science and Technology. 2010;2(5):276-83.*
6. *Vose D. Risk analysis: a quantitative guide. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 2000.*
7. *Andrews JD, Ridley LM. Application of the cause–consequence diagram method to static systems. Reliability Engineering & System Safety. 2002;75(1):47-58.*
8. *Renjith V, Madhu G, Nayagam V, Bhasi A. Two-dimensional fuzzy fault tree analysis for chlorine release from a chlor-alkali industry using expert elicitation. Journal of hazardous materials. 2010;183(1):103-10.*
9. *Onisawa T. An application of fuzzy concepts to modelling of reliability analysis. Fuzzy sets and Systems. 1990;37(3):267-86.*
10. *Onisawa T. Subjective analysis of system reliability and its analyzer. Fuzzy Sets and Systems. 1996;83(2):249-69.*
11. *Zhao R, Govind R. Defuzzification of fuzzy intervals. Fuzzy Sets and Systems. 1991;43(1):45-55.*
12. *Miller GA. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. Psychological review. 1956;63(2):81-97.*
13. *Cornelissen A, Van Den Berg J, Koops W, Kaymak U. Elicitation of expert knowledge for fuzzy evaluation of agricultural production systems. Agriculture, ecosystems & environment. 2003;95(1):1-18.*
14. *Nurmi H. Approaches to collective decision making with fuzzy preference relations. Fuzzy sets and systems. 1981;6(3):249-59.*
15. *Ishikawa A, Amagasa M, Shiga T, Tomizawa G, Tatsuta R, Mieno H. The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. Fuzzy sets and systems. 1993;55(3):241-53.*
16. *Miri Lavasani S, Yang Z, Finlay J, Wang J. Fuzzy risk assessment of oil and gas offshore wells. Process Safety and Environmental Protection. 2011;89(5):277-94.*

17. *Chen SJ, Hwang CL, Hwang FP. Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. 1st ed. New York: Springer-Verlag; 1992.*

18. *Onisawa T. An approach to human reliability in man-machine systems using error possibility. Fuzzy Sets and Systems. 1988;27(2):87-103.*

19. *Hauge S, Onshus T. Reliability Data for Safety Instrumented Systems: PDS Data Handbook. 1st ed. New York: SINTEF Technology and Society; 2010.*

20. *Pinto A, Nunes IL, Ribeiro RA. Qualitative model for risk assessment in construction industry: a fuzzy logic approach. Emerging Trends in Technological Innovation: Springer; 2010. p. 105-11.*

21. *Celik M, Lavasani SM, Wang J. A risk-based modelling approach to enhance shipping accident investigation. Safety Science. 2010;48(1):18-27.*

The application of Fuzzy logic to determine the failure probability in Fault Tree Risk Analysis

Mirza. S [1], Jafari. MJ [2*], Omidvari. M [3], Miri Lavasani SMR [1]

Abstract

Background and objective: FTA is an appropriate tool for failure analysis and determining the failure rate. Sometimes, the lack of information on the process and main events, it is difficult to accurately determine the probability rate of the failures. The application of Fuzzy tool can be helpful in such cases. In present study the Fuzzy logic was applied to determine the failures probability of a distillation unit in an oil refinery in its risk assessment using FTA. The method and the results of the reactor risk analysis are discussed in present paper.

Materials and method: In this descriptive study, HAZOP was applied to determine the process failures. Its fault tree was determined then. The probability rate of those failures which had the required input data for fault tree were determined using their equations. Otherwise, Fuzzy logic was used. The Fuzzy process began with the selection of an expertise team and ended with determination of the probability rate for the route events. The equation recommended by Onisawa was used to determine the probability rate. Then the probability of top events was determined using the appropriate equation. The critical Minimal Cut Sets (MCS) were determined using Fussell-Vesely equation. In the end, the influence of deleting three critical MCSs alone and simultaneously was studied.

Results: The application of HAZOP led to determine 4 main and 13 end failures. From 13 end failures, 7 failures were Fuzzy and 6 were probabilistic. The results revealed that cutting of the most critical MCS (e.g. A.3.2) may increase the reliability of top event by 5.9% from 0.914 to 0.968. Also cutting of all three main critical MCSs (e.g. A.2.2, A.3.1 & A.3.2) may increase the reliability of top event by 8.4% from 0.914 to 0.991.

Conclusion: The failure probability can be determined using Fuzzy logic when there is not enough data on process and top events.

Key words: Fuzzy logic, failure rate, Fault tree

1- Environmental and Energy Faculty, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3- Industrial and Mechanical Engineering Faculty, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

* **Corresponding Author:** Jafari1952@yahoo.com