Archive of SID

ارزیابی ریسک ایمنی در فرآیند توزیع برق با استفاده از روش بهبود یافته ET&BA و رتبه بندی آن با مدل‌های VIKOR و TOPSIS در محیط فازی

سپیده رحمانی[۱]، منوچهر امیدواری[۲*]

omidvari88@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۷

چکیده

مقدمه: صنعت برق یکی از صنایع پر خطر در بین صنایع مختلف می‌باشد. این پژوهش با هدف ارزیابی ریسک ایمنی در فرآیند توزیع برق با استفاده از روش ET&BA و مقایسه توسط روش‌های Vikor و Topsis در محیط فازی انجام پذیرفته است.

روش کار: تحقیق حاضر از نوع مطالعات توصیفی است و ابزار اصلی گردآوری اطلاعات میدانی، کاربرگ ET&BA است. در تجزیه و تحلیل کاربرگ از دو روش Fuzzy Topsis و Fuzzy Vikor استفاده شده است.

یافته ها: دو شبکه برق فشار ضعیف و متوسط هوایی بالاترین درجه ریسک را در بین سایر انواع شبکه‌های انتقال و توزیع برق دارا است. هم‌چنین نتایج نشان داد که دو روش Topsis و Vikor از قابلیت مناسبی برای برخورداری رتبه بندی ریسک‌ها برخوردار است و نتایج حاصل از آن‌ها تقریبا یکی می‌باشد.

نتیجه گیری: یکی از مهم‌ترین علل بروز حوادث در صنعت توزیع و انتقال برق، ارتفاع و برق است که این مساله سبب شده است که شبکه‌های هوایی دارای رتبه ریسک بالاتری باشند. استفاده از مدل‌های تصمیم گیری در محیط فازی سبب می‌شود که قضاوت ارزیاب‌ها در فرآیند ارزیابی ریسک به حداقل برسد.

کلمات کلیدی: *ریسک/ایمنی، Fuzzy Topsis، Fuzzy Vikor، ET&BA، صنعت برق*

۱- کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، تهران، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

همه ساله حوادث گوناگونی در بخش توزیع و انتقال صنعت برق روی می دهد و خسارات جانی ومالی متعددی به بار می آورد. به‌طوری‌که گارسز و تکسری دی المدیا در سال ۲۰۱۴ به تعداد حوادث بالا در صنعت توزیع اشاره نموده است (1).

جهت پیش‌گیری از وقوع حوادث، ابتدا باید علل حوادث را بررسی و پردازش نمود تا از تکرار حوادث مشابه جلوگیری کرد. ارزیابی ریسک یکی از مهم‌ترین روش‌های کنترل هدف‌مند خطرات در صنعت می‌باشد که در همین رابطه در سال ۲۰۱۴ پینتو و همکاران در مطالع‌های خاطرنشان کردند که مدیریت ریسک از مهم‌ترین ابزارهای تعیین استراتژی‌های کنترل است که باید در سطوح مختلف و ابعاد مختلف یک فرآیند کاری بررسی گردد (2).

یکی از روش‌های ارزیابی ریسک که کاربرد زیادی دارد ET&BA است به‌طوری‌که در سال ۲۰۰۵، اریکسون طی مطالعه‌ای، روش ET&BA را به عنوان یک روش مناسب برای شناسایی خطر معرفی نمود. در این تحقیق اشاره شده که در روش ET&BA چهار پارامتر در هر سیستم مورد ارزیابی مدنظر قرار می‌گیرند که عبارتند از (3):

۱- منبع یا منابع انرژی در سیستم
۲- متناسب بودن موانع موجود در مسیر انرژی ها
۳- تعامل عامل انسانییا سیستم
۴- اهداف نهایی انرژی ناخواسته یا کنترل نشده اهداف نهایی ممکن است افراد یا اشیا باشد (3).

روش ET&BA جهت تعیین علت هایی که ممکن است به بروز یک حادثه یا ضایعه کمک کند بسیار مفید است (2). هم‌چنین اریکسون مطرح نموده است که روش ET&BA برای ارزیابی قابلیت اطمینان و صحت روش‌های کنترلی خطرات که در یک سیستم به‌کار رفته است کاربرد دارد (3). در همین رابطه در سال ۲۰۱۰، سنتوس ریز و همکاران طی مطالعه خود ابراز نمودند که یکی از مهم‌ترین روش‌های ارزیابی ریسک در فرآیندهای صنعتی، ارزیابی سیستم‌های کنترلی به‌کار رفته در این فرآیندها است که در روش ET&BA مدنظر قرار گرفته است. لذا در این مطالعه نیز اشاره به مناسب بودن روش ET&BA در ارزیابی ریسک ایمنی در صنایع مختلف اشاره نموده اند (4). در سال ۲۰۱۴، ماندال و مایتی در مطالعه خود اظهار داشتند که در کنترل ریسک‌های ایمنی به‌جای این‌که فقط به خطاها و عوامل انسانی پرداخته شود به منابع انرژی و لایه‌های کنترلی آن دقت گردد تا بتوان به روش‌های کنترلی اثربخش تری دست یافت. در این مقاله نیز به کاربرد ET&BA در کنترل ریسک‌ها اشاره شده است. هم‌چنین در این مطالعه اشاره شده است که با کنترل منابع انرژی می‌توان بخش بزرگی از حوادث را کنترل نمود (5). در سال ۲۰۱۳، جمشیدی و همکاران طی تحقیقی، به ارایه مدل پیشنهادی جهت افزایش ایمنی پرداختند که طی آن اظهار داشتند که روش های فراوانی در ارزیابی ریسک معرفی شده است که هر کدام بر روییک پارامتر از ریسک تاکید می‌نماید. آن‌ها اشاره نمودند که روش هایی مانند ET&BA قادر هستند با ارزیابییک سیستم مانند سیستم‌های انرژی و ردیابی انتقال انرژی راه‌های کنترلی بهتری را برای کنترل خطرات ارایه نمایند (6).

روش ردیابی انرژی و واکاوی حفاظ‌هاET&BA یکی از ساده‌ترین اشکال بسط یافته مدل انرژی است. این تکنیک براساس این منطق شکل گرفته است که خسارت ناشی از حادثه در اثر تبادلات

www.SID.ir

Archive of SID

ناخواسته‌ای که در جریان عبور انرژی از حفاظ به درون سیستم در معرض تماس رخ می‌دهند، به وجود می‌آید. این روش که به عنوان ابزاری جهت تجزیه و تحلیل اصولی علل حوادث مورد استفاده قرار می‌گیرد، در اصل از تکنیک «پایش مدیریتی و درخت خطا» منتج شده است (7).

عدم وجود حفاظ یا هرگونه نقص در طراحی یا عملکرد موانع می‌تواند منجر به مواجهه اهداف با انرژی‌های خطرناک شده و در نهایت منجر به وقوع یک حادثه گردد.

یکی از مهم‌ترین مسایل موجود در فرآیند ارزیابی ریسک وجود پارامترهای غیر قطعی در ارزیابی ریسک است که در همین رابطه در سال ۲۰۱۱، یاکوانگ و همکاران پیرو تحقیقات خود در رابطه با ارزیابی ریسک ایمنی، استفاده از محیط‌های فازی را پیشنهاد دادند (8). هم‌چنین از دیگر مشکلاتی که در فرآیندهای ارزیابی ریسک وجود دارد تاثیر معیارهای مختلف بر میزان ریسک می‌باشد که لازم است در رتبه بندی ریسک مد نظر قرار گیرد. در این رابطه امیدواری و همکاران استفاده از ابزارهای تصمیم گیری را به عنوان یک روش مناسب برای تعیین میزان وزن معیارها و شاخص‌های ریسک پیشنهاد نموده است (9).

یکی از روش‌های تصمیم‌گیری که در رتبه‌بندی و تعیین وزن معیارهای ریسک کاربرد دارد روش تاپسیس است. روش تاپسیس فازی یکی از روش‌های تصمیم گیری جبرانی است که می توان از آن برای تعیین نرخ‌ها و وزن‌ها از متغیرهای گفتاری استفاده نموده و آن‌ها را به صورت اعداد فازی بیان نمود. تاپسیس فازی به عنوان یک روش تصمیم گیری چند شاخصه در راستای ارزیابی ریسک در اولویت بندی معیارها ریسک به‌حساب می‌آید (10). از دیگر روش‌های تصمیم گیری چند معیاره که در رتبه بندی معیارهای ریسک کاربرد دارد روش ویکور در محیط فازی است. روش ویکور فازییکی از روش‌های تصمیم گیری جبرانی است که بر روی دسته بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه‌ها تمرکز داشته و جواب های سازشی را برای یک مسأله با معیارهای متضاد تعیین می‌کند، به‌طوری که قادر است تصمیم گیرندگان را برای دستیابی به یک تصمیم نهایی یاری دهد. در اینجا جواب سازشی نزدیک‌ترین جواب موجه به جواب ایده آل است که کلمه سازش به یک توافق متقابل اطلاق می گردد. از این روش در رتبه بندی معیارهای ریسک می‌توان استفاده نمود (11).

این مطالعه با هدف تعیین میزان ریسک ایمنی در صنعت انتقال و توزیع برق به اجراء در آمد. لذا این تحقیق به‌صورت موردی در یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های توزیع برق خصوصی کشور انجام شد.

با توجه به مطالب فوق اهدافی که در این مطالعه مد نظر قرار گرفته است به شرح ذیل می‌باشد:

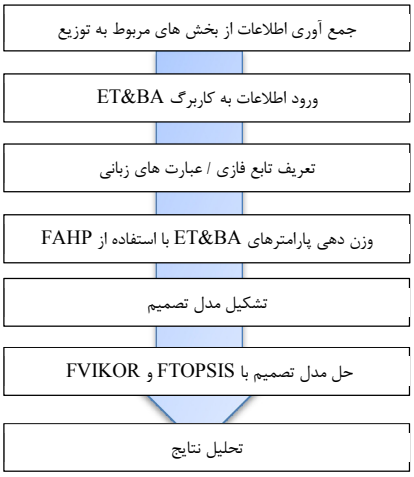
- تعیین پارامترهای موثر بر ریسک ایمنی فرآیند توزیع برق و رتبه بندی آن‌ها.
- شناسایی خطرات ایمنی در فرآیند توزیع برق با استفاده از روش ET&BA
- رتبه بندی ریسک‌های ایمنی ارزیابی شده در فرآیند توزیع و انتقال برق با استفاده از روش‌های تاپسیس ویکور در محیط فازی.

روش کار

این تحقیق در روش، تحقیق توصیفی- پیمایشی است و از نظر هدف توصیفی همبستگی حل مدل می‌باشد. روش گردآوری اطلاعات در این تحقیق روش کتابخانه‌ای (استفاده از کتاب‌ها،

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. مراحل اجرای پژوهش

مقاله‌ها، اینترنت و ...) و روش میدانی است و ابزار اصلی گردآوری اطلاعات میدانی، کاربرگ ET&BA و استاندارد مد نظر جهت مرزبندی ریسک‌ها بر اساس دو عامل شدت و احتمال، استاندارد MIL-STD-882B می‌باشد (12).

در پژوهش حبیبی و همکاران، جهت دست یابی به ارزیابی درست و مناسب سطح ریسک دو روش ET&BA و هازوپ توصیه شده است که در این مطالعه نیز از روش ET&BA استفاده گردیده است (13). واکاوی به روش ET&BA شامل مراحل ذیل می باشد:

گام اول: تعیین نوع انرژی‌های موجود در سیستم

گام دوم: ردیابی مسیر انرژی‌ها در سیستم و تعیین اهداف بالقوه در معرض تماس

گام سوم: شناسایی و ارزیابی موانع و حفاظ‌ها (مکانیزم‌های محصورکننده انرژی)

گام چهارم: ارزیابی ریسک

مراحل انجام این تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است. به‌منظور اجرای مراحل اصلی تحقیق و گردآوری اطلاعات از روش های میدانی با ابزار پرسش‌نامه استفاده شده است. ابزار پرسش‌نامه امکان جمع آوری نظر خبرگان را در مورد اهمیت دو مورد شدت و احتمال فراهم آورده است. پس از آن استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره در راستای رتبه بندی اهداف استفاده شده است. برای اجرای روش های تصمیم گیری و رتبه بندی روش های متنوعی وجود دارند که دو روش مورد استفاده در این تحقیق تاپسیس فازی و ویکور فازی بود. لازم به ذکر است برای وزن معیارهای اصلی ET&BA از روش AHP فازی (FAHP) با رویکرد چانگ استفاده شده است.

جامعه آماری این تحقیق شامل مدیران و متخصصین شاغل در شرکت توزیع برق تهران بزرگ بود که در مجموع ۲۰ خبره برای این کار انتخاب شد. به علت غیر تصادفی بودن انتخاب خبره‌ها خبره‌های مورد نظر، به صورت غیر موردی و براساس تخصص و شرایط تعریف شده از خبره در این تحقیق انتخاب شده‌اند. در این تحقیق خبره به فردی گفته شده است که حداقل ۵ سال سابقه کار در صنعت برق، آشنایی کامل با مفهوم ریسک و ایمنی و آشنایی

www.SID.ir

Archive of SID

مرحله شناسایی خطر و نوع انرژی			مرحله ارزیابی خطر				مرحله تصمیم گیری			
نوع عملیات	توصیف انرژی	نوع ریسک	لایه‌های کنترل	شدت S	احتمال P	عدد ریسک	کنترل ثانویه	معیارهای تصمیم	عدد ریسک	رتبه ریسک
شبکه فشار متوسط هوایی	انرژی برق در اثر خرابی سر کابل	برق گرفتگی	روکش کابل	۴	۴	۱۶	استفاده از کابل بند	قابلیت کنترل	P=2 S=4	۸
								کاهش اثرات	بی اثر	
								قابلیت شناسایی	بی اثر	

شکل۲. نمونه از کاربرگ ET&BA

جدول ۱. ترم‌های زبانی و دامنه فازی معادل آن‌ها

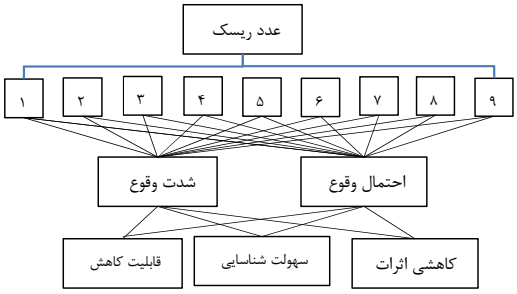
اعداد فازی متناظر با ارجحیت در مقایسه زوجی	
عبارات زبانی برای تعیین ارجحیت	عدد فازی مثلثی
ارجحیت کامل یا اهمیت کامل و مطلق	(۲.۵ ۳ ۳.۵)
ارجحیت یا اهمیت خیلی قوی تر	(۲ ۲.۵ ۳)
ارجحیت یا اهمیت قوی تر	(۱.۵ ۲ ۲.۵)
ارجحیت یا اهمیت کم	(۱ ۱.۵ ۲)
ارجحیت یا اهمیت تقریباً برابر	(۰.۵ ۱ ۱.۵)
ارجحیت یا اهمیت دقیقا برابر	(۱ ۱ ۱)

جدول ۲. جدول سطوح ریسک

سطح ریسک	عد فازی مثلثی متناظر
جزیی	(۱ ۲ ۳)
مرزی	(۳ ۴ ۵)
بحرانی	(۵ ۶ ۷)
فاجعه بار	(۷ ۸ ۹)

با مفهوم مدل‌های تصمیم گیری داشته باشد. این پژوهش در واحد ایمنی، واحد تجهیزات و واحد آمار شرکت توزیع برق تهران بزرگ در یک دوره زمانی ۳ ساله از شش ماهه اول سال ۱۳۹۰ تا شش ماهه اول سال ۱۳۹۳ انجام گرفته است.

در مدل تحقیقی حاضر متغیرهای مربوط به ایمنی و انرژی‌های مورد بررسی و شاخص‌های



شکل ۳. وزن دهی به دو عامل شدت و احتمال وقوع

شدت و احتمال ریسک به عنوان متغیر مستقل و حفاظ‌های انرژی مورد استفاده به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده است.

در مرحله اول اطلاعات اولیه در خصوص صنعت برق جمع آوری گردید تا با استفاده از آن بتوان معیارها و گزینه‌های ریسک ایمنی جامعه مورد مطالعه را تعیین نمود. در این مرحله فرآیند توزیع برق به ۹ بخش طبقه بندی شد که عبارتند از:

۱- شبکه فشار متوسط هوایی
۲- شبکه فشار متوسط زمینی
۳- پست توزیع زمینی
۴- شبکه فشار ضعیف زمینی
۵- فیدر یا انشعاب مشترکین
۶- پست فشار ضعیف توزیع
۷- شبکه فشار ضعیف هوایی

www.SID.ir

Archive of SID

۸- شبکه فشار متوسط پست‌های هوایی
۹- شبکه توزیع متصل به فیدر فشار متوسط

با توجه به ۹ بخش تعریف شده، تمام اطلاعات مربوط به نوع خطر، رویداد ناخواسته احتمالی، اهداف بالقوه در معرض تماس و عوامل موثر بر شدت و احتمال خطر با استفاده از آمار حوادث اتفاق افتاده در بازه زمانی تعریف شده و نظر خبرگان تعریف می‌گردد.

در مرحله بعد اطلاعات جمع آوری شده وارد کاربرگ ET&BA شد. نمونه ای از کاربرگ ET&BA در شکل ۲ نشان داده شده است. قابل ذکر است که کاربرگ صرفا جهت نگارش مشاهدات و تسهیل استنتاج‌ها به کار می‌رود.

در مرحله سوم برای پارامترهای ریسک عبارت‌های کلامی‌تعریف گردید که عبارت‌های کلامی‌تعریف شده در جدول ۱ نشان داده شده است. اطلاعات به‌دست آمده در قالب دو معیار شدت و احتمال در کاربرگ ET&BA می‌باشند. بنابراین به وزن دهی دو معیار اصلی پرداخته شد. وزن دهی معیارها با استفاده از روش AHP فازی با رویکرد آنالیز توسعه بوده (10) و در این مرحله هر خبره نظر خود را در قالب عبارات مندرج در جدول ۱ مطرح نمود.

در مرحله بعد با توجه به مفهوم ریسک مدل تصمیم تعریف گردید که مدل تصمیم این تحقیق در شکل ۳ نشان داده شده است.

در گام بعد به مقایسه زوجی خبرگان بر اساس معیارهای مطرح شده در شکل ۳ پرداخته شد. در انتها با استفاده از روش توسعه AHP فازی به تعیین وزن دهی هر معیار مطابق با رابطه ۱ پرداخته شد.

$$w_g = \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=1}^{2} M_g^j$$

در انتها به ازای هر معیار دو وزن تعریف شده که مربوط به خبرگان می‌باشد. در نهایت بنا به صلاحدید از میانگین متوسط برای به‌دست آوردن وزن هر معیار استفاده خواهد شد (رابطه ۲).

$$\frac{w_1 + w_2}{2} = w$$

حل مدل تصمیم با دو روش ویکور و تاپسیس در محیط فازی سبب می‌شود که وزن دو پارامتر شدت و احتمال تعیین گردد. هم‌چنین رتبه هر کدام از بخش‌های تعریف شده نیز مشخص می‌گردد. قابل ذکر است که یکی از مهم‌ترین شرط‌هایی که در استفاده از دو روش حل ویکور و تاپسیس باید به آن توجه نمود عدم وابستگی بین شاخص‌ها و معیارها است که مطابق با نظر خبرگان بین شاخص‌ها و معیارها هیچ‌گونه وابستگی وجود ندارد. در این بخش تحقیق در قدم اول با توجه به معیارهای تعریف شده وزن شاخص‌ها بر اساس ترم‌های زبانی و خبرگان تعیین شد و سپس با استفاده از روش تاپسیس به تعیین اوزان و رتبه‌بندی آن‌ها اقدام گردید. به‌منظور کاهش اثرات نظر خبرگان و نیز تضاد بین معیارها (تاپسیس در این حالت از ضعف برخوردار بوده و می‌تواند در نتایج اثر بگذارد.) از روش ویکور جهت رتبه‌بندی ریسک‌ها استفاده شد. در این مرحله با توجه به این‌که در روش ویکور تصمیم بر اساس میزان سازش با معیارها صورت می‌گیرد اثر تضاد بین معیارها به حداقل می‌رسد. (11)

در گام بعدی سطح ریسک تکمیل شد و سطح ریسک با چهار تعریف فاجعه بار، بحرانی، مرزی و جزیی مشخص گردید که طبقه بندی آن‌ها مطابق با جدول ۲ بود.

در مرحله آخر نتایج حاصل از دو روش حل تاپسیس و ویکور با یک‌دیگر مقایسه و تحلیل گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج حاصل از شناسایی بخش خطرات

نوع انرژی	توصیف رویداد ناخواسته	اهداف بالقوه در معرض تماس	شدت وقوع	احتمال وقوع
۱- شبکه فشار متوسط هوایی				
الکتریکی، انرژی زمینی، انرژی پتانسیل، انرژی جنبشی	اشکال در پایه (سیمانی،چوبی، فلزی)، سیم پارگی، برخورد درختان مزاحم، برخورد اشیاء خارجی، برخورد پرندگان، اشکال در جمپر، اشکال در مقره (بشقابی-سوزنی)، اشکال در یراق آلات، عیب در قطع کننده‌ها (ریکلوزر، سکسیونر هوایی و ...)، بروز عیب در خازن، عملیات به طریقه خط گرم، اتصالی در بخش فشار ضعیف، سوختگی ناشی از برق گرفتگی، سقوط	انسان، تجهیزات، محیط زیست ، سرمایه	۳/۴۷	۱/۴۷
۲- شبکه فشار متوسط زمینی				
الکتریکی	عیب دار شدن سر کابل هوایی فشار متوسط، عیب دار شدن سر کابل داخلی فشار متوسط، عیب دار شدن سر کابل داخلی خروجی پست فوق توزیع یا انتقال، اتصالی کابل فشار متوسط، اشکال در شبکه داخلی مشترکان، برق گرفتگی، اتصال کوتاه	انسان، تجهیزات، محیط زیست ، سرمایه	۵	۳/۸۷۵
۳- پست توزیع زمینی				
الکتریکی جنبشی	اشکال در دیژنکتور، عیب در سکسیونر فوزیبل دار، عیب در سکسیونر، عیب در ترانسفورماتور ولتاژ، عیب در ترانسفورماتور جریان (کوران)، عیب در سرکابل یا کابل پروتولین ارتباط ترانسفورماتور به دیژنکتور، اشکال در ترانسفورماتور، اشکال در بانک خازنی فشار متوسط، اشکال در بانک خازنی فشار ضعیف، برخورد اجسام خارجی، عیب در مقره اتکایی، آتش سوزی در پست، اتصال کوتاه در شبکه فشار ضعیف، اشکال در شبکه داخلی مشترکان، اشکال در جرقه گیر	انسان، تجهیزات، محیط زیست ، سرمایه	۱/۱۵	۱/۵۲۵
۴- شبکه فشار ضعیف زمینی				
انرژی الکتریکی جنبشی	عیب دار شدن سر کابل، اتصالی کابل فشار ضعیف، اشکال در جعبه انشعاب زمینی یا هوایی، اشکال درجعبه شالتر، اشکال در خروجی فیدر تابلو فشار ضعیف پست، اشکال در خازن فشار ضعیف، اشکال در شبکه داخلی مشترکان، اتصالی و سوختگی ناشی از اتصالی	انسان، تجهیزات، محیط زیست ، سرمایه	۱/۸۳	۳/۱۶
۵- فیدر یا انشعاب مشترکین				
انرژی الکتریکی جنبشی	اشکال در لوازم اندازه گیری مشترکان غیردیماندی تک فاز، اشکال در لوازم اندازه‌گیری مشترکان غیر دیماندی سه فاز، اشکال در لوازم اندازه گیری مشترکان فشار ضعیف، اشکال در لوازم اندازه گیری مشترکان فشار متوسط، اشکال در شبکه داخلی مشترکان فشار متوسط و ضعیف، برق گرفتگی پرسنل و مشترکین	انسان، تجهیزات، محیط زیست ، سرمایه	۱	۴/۳۳
۶- پست‌های فشار ضعیف توزیع				
الکتریکی، زمینی، جنبشی	اشکال در کلید اصلی، اشکال در کلید فیدر فشار ضعیف، اشکال در تابلو فشار ضعیف، پرتاب اشیا، اشکال در شبکه داخلی مشترکان، عیب دار شدن کابل ارتباط ترانسفورماتور به تابلو فشار ضعیف، اتصالی یا اشکال در شبکه فشار ضعیف، سوختگی، برق گرفتگی	انسان، تجهیزات، محیط زیست ، سرمایه	۱/۷۵	۲/۶۸۷۵
۷- شبکه فشار ضعیف هوایی				
انرژی جنبشی، پتانسیل مواد قابل انفجار، انرژی جنبشی خطی	اشکال در پایه (سیمانی،چوبی، فلزی)، سیم پارگی، برخورد درختان مزاحم، برخورد اشیاء خارجی، برخورد پرندگان، اشکال در جمپر، اشکال در مقره (بشقابی-سوزنی)، اشکال در یراق آلات، عیب در خازن فشار ضعیف هوایی، برخورد هادی‌های شبکه به هم یا بدنه، برق غیر مجاز، اشکال در شبکه داخلی مشترکان، سوختگی سرخط هوایی فشار ضعیف؛ برق گرفتگی و سوختگی، سقوط	انسان، تجهیزات، محیط زیست ، سرمایه	۱/۴۶	۲/۷۸
۸- شبکه فشار متوسط پست‌های هوایی				
الکتریکی، پتانسیل، زمینی، جنبشی	اشکال در جمپرهای پست هوایی، معیوب شدن برق گیر، اشکال در کات اوت فیوز، اشکال در ترانسفورماتور، اشکال در خازن فشار ضعیف، برخورد اجسام خارجی، آتش سوزی در پست، اشکال در کابل ارتباط ترانسفورماتور به تابلو فشار ضعیف یا باس بار، اشکال در جرقه گیر، عیب در کلید اصلی یا تابلو فشار ضعیف، اشکال درشبکه داخلی مشترکان، اشکال در سکوی ترانسفورماتور، سوختگی، برق گرفتگی، برخورد با اشیا و تجهیزات، سقوط	انسان، تجهیزات، محیط زیست ، سرمایه	۱/۰۷	۱/۱۵۷
۹- شبکه توزیع متصل به فیدر فشار متوسط				
الکتریکی - جنبشی	قطع فیدر ناشی از اشکال در شبکه فشار متوسط هوایی، قطع فیدر ناشی از اشکال در شبکه فشار متوسط زمینی، قطع فیدر ناشی از اشکال در شبکه فشار ضعیف هوایی، قطع فیدر ناشی از اشکال در شبکه فشار ضعیف زمینی، قطع فیدر ناشی از اشکال در طرف فشار متوسط پست‌های توزیع زمینی، قطع فیدر ناشی از اشکال در طرف فشار ضعیف پست‌های توزیع، قطع فیدر ناشی از اشکال در انشعابات مشترکین، برق گرفتگی کارکنان، برق گرفتگی مشترک، انفجار، سوختگی	انسان، تجهیزات، محیط زیست ، سرمایه	۲/۱۲	۲/۶۸

www.SID.ir

Archive of SID

یافته ها

نتایج حاصل از بخش شناسایی خطرات در ۹ حوزه فرآیندی طبقه بندی شده، در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۳ مشخص است، علل حوادث مورد بررسی بنا به محل عملیات می‌تواند نقص در تجهیزات، نقص در سیستم مدیریتی، خطای اپراتور یا مصرف کننده، شرایط محیطی و نقص در اصول فنی و مهندسی باشد.

بنابراین نقصان و یا نبود هریک از حفاظ‌های مذکور می‌تواند مسبب حوادث و خلل در ایمنی گردد. نتایج حاصل از مقایسه زوجی خبرگان بر اساس معیارهای مطرح شده در شکل ۳ در جدول ۳ و ۴ و نتایج تجمیع آن‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است.

با استفاده از روش توسعه یافته AHP فازی وزن معیارهای اصلی مطابق محاسبه ذیل مشخص گردید:

$$\sum_{j=1}^{2} M_{g1}^{j} = (1,1,1) + (0.5,1,1.5) = (1.5,2,2.5)$$
$$\sum_{j=1}^{2} M_{g2}^{j} = (1.5,2,2.5) + (1,1,1) = (2.5,3,3.5)$$
$$\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2} M_{g}^{j} = (1.5,2,2.5) + (2.5,3,3.5) = (4,5,6)$$

جدول ۳. جدول جایگزینی مقادیر کمی

مقایسه زوجی خبرگان	خبره اول	خبره دوم
خبره اول	(۱ ۱ ۱)	(۰.۵ ۱ ۱.۵)
خبره دوم	(۱.۵ ۲ ۲.۵)	(۱ ۱ ۱)

جدول ۴. اطلاعات کمی‌از منظر خبره اول

خبره اول	شدت	احتمال
شدت	(۱ ۱ ۱)	(۱.۵ ۲ ۲.۵)
احتمال	(۱.۵ ۲ ۲.۵)	(۱ ۱ ۱)

جدول ۵. اطلاعات کمی‌از منظر خبره دوم

خبره دوم	شدت	احتمال
شدت	(۱ ۱ ۱)	(۱.۵ ۲ ۲.۵)
احتمال	(۲.۵ ۳ ۳.۵)	(۱ ۱ ۱)

نظرات گروه اول :

شدت $(1.5, 2, 2.5) \times (\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}) = (0.25, 0.4, 0.625)$

احتمال $(2.5, 3, 3.5) \times (\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}) = (0.41, 0.6, 0.875)$

نظرات گروه دوم :

شدت $(2.5, 3, 3.5) \times (\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}) = (0.41, 0.6, 0.875)$

احتمال $(2.5, 3, 3.5) \times (\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}) = (0.41, 0.6, 0.875)$

در انتها میانگین متوسط هر معیار که در رتبه بندی از آن‌ها استفاده خواهد شد عبارت است از:

میانگین وزن شدت $= \frac{(0.2, 0.4, 0.6) + (0.4, 0.6, 0.8)}{2} = (0.33, 0.5, 0.74)$

میانگین وزن احتمال $= \frac{(0.4, 0.6, 0.8) + (0.4, 0.6, 0.8)}{2} = (0.41, 0.6, 0.875)$

میانگین وزن شدت $= \frac{(0.2, 0.4, 0.6) + (0.4, 0.6, 0.8)}{2} = (0.33, 0.5, 0.74)$

میانگین وزن احتمال $= \frac{(0.4, 0.6, 0.8) + (0.4, 0.6, 0.8)}{2} = (0.41, 0.6, 0.875)$

حل مسأله از طریق تاپسیس فازی

نتایج حاصل از رتبه بندی میزان ریسک خطرات براساس شدت و احتمال در ۹ طبقه تعریف شده در صنعت برق با استفاده از روش تاپسیس فازی در جدول ۷ نشان داده شده است.

حل مسأله از طریق ویکور فازی

نتایج حاصل از رتبه بندی میزان ریسک خطرات بر اساس شدت و احتمال در ۹ طبقه تعریف شده در فرآیند صنعت برق براساس روش ویکوردر جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۷. جدول رتبه بندی

امتیاز	نوع فرآیند	رتبه
۰/۸۲۲۳۰۸۰۸۹	شبکه فشار متوسط هوایی	۲
۰/۸۹۶۶۱۳۹۶۲	شبکه فشار ضعیف هوایی	۱
۰/۸۰۰۷۲۴۴۷۱	پست‌های توزیع زمینی	۴
۰/۶۴۷۸۶۳۵۱۳	شبکه فشار متوسط پست‌های توزیع هوایی	۵
۰/۵۹۲۴۳۹۵۸۲	فشار ضعیف پست‌های توزیع	۸
۰/۶۳۲۹۶۹۸۰۲	شبکه‌های توزیع و فیدر فشار متوسط	۶
۰/۴۰۸۹۴۷۴۲۶	شبکه فشار متوسط زمینی	۹
۰/۸۰۳۲۷۸۴۷۹	شبکه فشار متوسط زمینی	۳
۰/۶۲۲۰۷۶۰۴۳	فیدر یا انشعاب مشترکین	۷

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸. جدول رتبه بندی بر اساس شاخص کمترین Qiها به روش ویکور فازی

SS	0.700755	0.796951	0.594382	0.433049	0.309904	0.349712	0.239519	0.563901	0.504574
RR	0.41641	0.52381	0.322619	0.237276	0.173333	0.176378	0.187019	0.338452	0.433036
Q	1	1	0.680865	0.498182	0.359886	0.387767	0.328791	0.676855	0.608246

جدول۹. نتایج ارزیابی ریسک با دو منظر ویکور و تاپسیس

هدف مورد بررسی	رتبه از منظر تاپسیس فازی	رتبه از منظر ویکور فازی
شبکه فشارمتوسط هوایی	۸	۸
شبکه فشارضعیف هوایی	۹	۸
پست‌های توزیع زمینی	۶	۷
شبکه فشارمتوسط پست‌های توزیع هوایی	۵	۴
فشارضعیف پست‌های توزیع	۲	۲
فیدر فشار متوسط	۴	۳
شبکه فشارمتوسط زمینی	۱	۱
شبکه فشار ضعیف زمینی	۷	۶
فیدریا انشعاب مشترکین	۳	۵

در مرحله آخر به مقایسه نتایج حاصل از دو الگوی تاپسیس و ویکور پرداختیم که نتایج حاصل از این بخش تحقیق در جدول ۹ نشان داده شده است.

بحث و نتیجه گیری

این تحقیق به منظور ارزیابی ریسک‌های ایمنی در صنعت توزیع و انتقال برق و رتبه بندی معیارهای ریسک‌های شناسایی شده انجام گرفته است. بررسی‌ها نشان داده است که تحقیقات صورت گرفته در زمینه ارزیابی ریسک ایمنی در حیطه توزیع و انتقال برق بیشتر بر اساس خطاهای انسانی واعمال ناایمن در بروز حادثه انجام گرفته است و تنها عامل نیروی انسانی را به عنوان عامل تاثیر گذار بر میزان ریسک در نظر گرفته اند (14)، در حالی‌که مطالعه حاضر عوامل دیگری مانند سرمایه، تجهیزات و محیط زیست را نیز در ارزیابی مدنظر قرار داده است.

نتایج نشان داد که شبکه فشار ضعیف و فشار متوسط هوایی دارای بالاترین سطح ریسک و شبکه فشار متوسط زمینی و فشار ضعیف پست‌های توزیع دارای کمترین سطح ریسک بوده‌اند. یکی از علل بالا بودن ریسک در شبکه‌های هوایی وجود خطر سقوط در این شبکه‌ها است. در مقاله‌ای که کولوریوتیز و مارهاویلاز در سال ۲۰۱۲ ارایه نموده اند خطر سقوط از ارتفاع در صنعت توزیع برق بالاترین ریسک ایمنی موجود در کلیه خطوط را در بر می‌گیرد که علت این مساله را ماهیت شغلی می‌داند که معمولا کار در شبکه‌های هوایی و بالای تیرهای برق انجام می‌شود که سبب بالا رفتن ریسک این بخش می‌شود (15).

هم‌چنین در مطالعه ای که توسط کیندینجر در سال ۲۰۰۹ انجام گرفت به این نکته اشاره شده است که بالاترین میزان ریسک در صنعت انتقال و توزیع برق مربوط به خطر سقوط در بخش‌های حمل و نقل، کار با جرثقیل، حریق و انفجار و برق گرفتگی در زمان کار بر روی شبکه در خطوط توزیع می‌باشد (16). این نتایج با نتایج بدست آمده در این تحقیق یکسان بود.

طی بررسی انجام گرفته در فرآیند توزیع برق شبکه فشار ضعیف زمینی، پست‌های توزیع زمینی، شبکه فشار متوسط پست‌های توزیع هوایی، فیدر فشار متوسط، فیدر فشار ضعیف مشترکین، پست فشار ضعیف، و در آخر شبکه فشار متوسط زمینی

www.SID.ir

Archive of SID

به ترتیب به عنوان مکان هایی با ریسک ایمنی بالا شناسایی شد. از طرفی در مطالعات مختلف اشاره گردیده است که لازم است حتی در ریسک هایی که از میزان پایین‌تری برخوردار است لازم است اقدامات کنترلی ارایه گردد در ارزیابی ریسک لازم است تمامی‌جنبه‌ها از جمله انسان، محیط، سرمایه مدنظر قرار گیرد (18-17). روشی که در این تحقیق با روشی که در این تحقیق مد نظر محقق قرار گرفته است هم‌خوانی دارد به‌طوری‌که در این تحقیق هم انسان، محیط، سرمایه و تجهیزات در ارزیابی ریسک مد نظر قرار گرفته است.

یکی از نتایجی که در این تحقیق بدست آمد این بود که از جمله مهم‌ترین عوامل در بالارفتن ریسک‌ها و علل بروز حوادث، عامل مدیریت بوده است. این مساله از مواردی است که در بسیاری از مطالعات مورد توجه محققین قرار گرفته است، به‌طوری‌که در مطالعه‌ای که تیلور در سال ۲۰۰۵ انجام داد عدم توجه مدیریت به شاخص‌های ایمنی در انتخاب پیمان‌کاران از مهم‌ترین علل افزایش ریسک ایمنی در فرآیندهای برون سپاری مختلف بوده است (19).

استفاده از سیستم‌های فازی در ارزیابی‌های ریسک یکی از مسایلی است که در بسیاری از مطالعات مورد توجه قرار گرفته است. روش مورد مطالعه در این تحقیق با روش‌های که در مطالعات دیگران پیشنهاد شده است هم‌خوانی دارد به‌طوری‌که در این مطالعات به غیر قطعی بودن پارامترهای ریسک اشاره شد و پیشنهاد گردیده که از محیط فازی برای رفع این مساله استفاده گردد (21-20). استفاده از محیط فازی این فرصت را برای محققین ایجاد می‌کند که شرایط تحقیق را از حالات کیفی که قضاوت‌های شخصی ارزیاب‌ها می‌تواند در آن موثر باشد خارج نموده و اعتبار ارزیابی‌ها افزایش یابد.

قابل ذکر است که نمی‌توان به صراحت نسبت به بهینه بودن روش ارایه شده اشاره نمود. ولی با توجه به این‌که از روش‌های فازی و مدل‌های تصمیم گیری استفاده می‌شود و به‌دلیل این‌که این روش‌ها خود از جمله روش‌های تحقیق در عملیات محسوب شده و جزء روش‌های بهینه سازی می‌باشند، لذا می‌توان به این نکته اشاره نمود که روش ارایه شده روش بهینه شده ET&BA است ولی به‌نظر می‌رسد که برای اثبات بهینه بودن روش ارایه شده بهتر بود مقایسه ای بین نتایج روش سنتی و این روش صورت می‌گرفت. که به‌نظر می‌رسد که می‌توان در تحقیق دیگری این دو روش با یک‌دیگر مقایسه نموده و به بحث گرفته شود.

با توجه به این‌که هر تحقیق سرآغازی برای تحقیقات آتی به شمار می‌رود، لذا پیشنهاداتی که در زیر ارایه می‌گردد می‌تواند کمک شایانی به تحقیق و پژوهش در حیطه ارزیابی ریسک ایمنی پروژه‌های توزیع و انتقال برق در آینده بکند. پیشنهادات این تحقیق به شرح زیر ارایه می‌شود:

۱- در زمینه مطالعه موردی بدلیل عدم دسترسی به اطلاعات جامع می‌توان تحقیق را در محیط خاکستری بازنگری نمود.

۲ – به عنوان تحقیقات آینده می‌توان با توجه به آمارحوادث خطوط توزیع وانتقال برق به بررسی رابطه حادثه با شدت واحتمال ریسک پرداخت.

www.SID.ir

Archive of SID

REFERENCES

[1] Garcez TV, Teixeira de Almeida A. A risk measurement tool for an underground electricity distribution system considering the consequences and uncertainties of manhole events. Reliability Engineering & System Safety, 2014;124:68–80.

[2] Pinto A. QRAM a Qualitative Occupational Safety Risk Assessment Model for the construction industry that incorporate uncertainties by the use of fuzzy sets. Safety Science, 2014;63:57–76

[3] Ericson A. Hazard Analysis Techniques for System Safety, Third edition. new jersey: wiley & sons, 2005;335-351

[4] Reyes S, Pena O, Corona A. Learning from Tabasco's flood applying MORT. Safety Science, 2010;48:1351-1360

[5] Mandal S, Maiti J. Risk analysis using FMEA: Fuzzy similarity value and possibility theory based approach. Expert Systems with Applications, 2014;41:3527–3537.

[6] Jamshidi A, Yazdani-Chamzini A, Haji Yakhchali S, Khaleghi S. Developing a new fuzzy inference system for pipeline risk assessment. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2013;26:197-208.

[7] Zaroushani V, Safari Varriani A, Ayati S, Nikpey A. Risk assessment in a foundry unit by energy trace and barrier analysis method (ET&BA), 2010.

[8] Yaqiang L, Kaman L, Zhang w. Fuzzy theory applied in quality management of distributed manufacturing system: A literature review and classification. Engineering Applications of Artificial Intelligence 2011;24:266–27.

[9] Omidvari M, Mansouri N, Nouri J. A pattern of fire risk assessment and emergency management in educational center laboratories. Safety Science 2015;73:34–42.

[10]Taylan O, Bafail AO, Reda-MS A, Kabli, MR. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies, Applied Soft Computing 2014;17:105–116.

[11] Opricovic S, Tzeng GH. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational Research, 2004;156(2):445–455.

[12] MIL-STD-882B Standard. STANDARD PRACTICE FOR SYSTEM SAFETY, DEPARTMENT OF DEFENSE UNITED STATES OF AMERICA, 2000.

[13] Habibi E, Zare M, Barkhordari, A, Yousefi HA, Morowatisharifabad MA. The Comparison of ET&BA and HAZOPS Techniques. Process Safety Progress, 2011;30(1): 352-353.

[14] Arunraj NS, Mandel S, Maiti J. Modeling uncertainty in risk assessment: An integrated approach with fuzzy set theory and Monte Carlo simulation. Accident Analysis and Prevention, 2013;55: 242– 255.

www.SID.ir

Archive of SID

[15] Marhavilas PK, Koulouriotis DE. A combined usage of stochastic candquantitative risk assessment methods in the worksites: Application on an electric power provider. Reliability Engineering and System Safety, 2012;37: 32–12.

[16] Kindinger D. Risk Factor Analysis- A New Qualitative Risk Management Tool. Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium, September Houston, Texas, USA 2003; 7–12.

[17] Santos R, Olmos-Pen˜a, AC, Luis Herna´ndez, S. Applying MORT to the Analysis of the ‘‘Tla´huac’’ incident. Reliability Engineering and System Safety, 2003;31:1517–1552.

[18] Grassi A, Gamberini R, Mora C, Rimini B. A fuzzy multi-attribute model for risk evaluation in workplaces. Safety Science, 2002;10:1012-1022.

[19] Taylor B, Effective Environmental Health, and Safety Management Using the Team Approach. John Willy & Sons, INC, 2005;15-23.

[20] Balmat J, Lafont F, Maifret R, Pessel N. Maritime Risk Assessment (MARISA), A fuzzy approach to define an individual ship risk factor, (2009), Ocean Engineering, 2009;36: 1278–1286.

[21] Emre Gurcanli G, Mungen, U. An occupational safety risk analysis method at construction sites using fuzzy sets. International Journal of Industrial Ergonomics, 2009;39: 371–387.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Health and Safety at Work Vol. 6; No. 1; Spring 2016

Assessing safety risk in electricity distribution processes using ET & BA improved technique and its ranking by VIKOR and TOPSIS models in fuzzy environment

S. Rahmani[1], M. Omidvari[2*]

[1]B.Sc, Industrial Engineering Department, Industrial and Mechanical Engineering Faculty, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Qazvin, Iran

[2]Assistant Professor, Industrial and Mechanical Engineering Faculty, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Qazvin, Iran

Abstract

Introduction: Electrical industries are among high risk industries. The present study aimed to assess safety risk in electricity distribution processes using ET&BA technique and also to compare with both VIKOR & TOPSIS methods in fuzzy environments.

Material and Method: The present research is a descriptive study and ET&BA worksheet is the main data collection tool. Both Fuzzy TOPSIS and Fuzzy VIKOR methods were used for the worksheet analysis.

Result: TFindings revealed that overhead low and medium voltage power distribution networks had the highest risk among the other network types of transmission and distribution of electricity. Also, it was found that TOPSIS and VIKOR methods are appropriate to rank the safety risks with somehow similar results.

Conclusion: The height and electricity are of the main causes of accidents in electricity transmission and distribution industry which caused the overhead power networks to be ranked as high risk. Application of decision-making models in fuzzy environment minimizes the judgment of assessors in the risk assessment process.

Keywords: *Safety Risk, ET & BA, Fuzzy VIKOR, Fuzzy TOPSIS, Eceltrical Industry*

* Corresponding Author Email: *omidvari88@yahoo.com*

www.SID.ir