

## ارایه روشی برای ارزیابی ریسک‌های بهداشتی، ایمنی و محیط زیست (HSE) با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) (مطالعه موردی: ساخت نیروگاه)

آریا فضل‌الله<sup>۱</sup> - ایرج محمدفام<sup>۲\*</sup> - محمدجواد حاجی‌پروانه<sup>۳</sup> - منوچهر امیدواری<sup>۴</sup>

mohammadfam@umsha.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۲۵

### چکیده

**مقدمه:** امروزه کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در رتبه‌بندی خطرات HSE گسترش زیادی یافته است. از طرف دیگر روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم از انعطاف‌پذیری و دقت بالایی برخوردار است. دو عامل یاد شده باعث می‌شود که ترکیب دو رویکرد فوق بتواند اولویت بندی دقیق تری از خطرات HSE ارایه کند. در این پژوهش با استفاده از روش ANP، روشی برای رتبه‌بندی دقیق تر خطرات حوزه HSE در فرآیند ساخت نیروگاه سیکل ترکیبی ارایه گردیده است.

**روش کار:** در این مطالعه ابتدا ساختار کلی روش مشخص شده و روابط میان این عناصر تعیین گردید. سپس ساختار یاد شده به عنوان اجزای اصلی روش توسط نرم‌افزار Super Decisions مدل‌سازی شد. در مرحله بعد تمامی معیارها و زیرمعیارها با بهره‌گیری از نظر خبرگان با هم مقایسه زوجی گردید. در مرحله نهایی خطرات HSE شناسایی شده با استفاده از روش‌های معمول و روش ANP پیشنهادی اولویت بندی و مقایسه شدند.

**یافته‌ها:** نتایج به‌دست آمده نشان داده که روش معمول ارزیابی ریسک قادر به اولویت بندی دقیق خطرات نمی‌باشد. در حالی که ده خطر اصلی شناسایی شده در روش موجود در ۴ طبقه کلی قرار گرفتند، روش پیشنهادی توانست آنها را در ۷ طبقه اولویت بندی کند.

**نتیجه‌گیری:** روش پیشنهادی به‌دلیل در نظر گرفتن پنج شاخص کیفی برای رتبه بندی ریسک‌ها، نسبت به روش‌های فعلی رتبه بندی دقیق تر خطرات را ممکن می‌کند. این امر امکان اختصاص مناسب تر منابع سازمانی برای کنترل خطرات را امکان پذیر می‌کند.

کلمات کلیدی: ایمنی، مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، رتبه‌بندی، مدل رتبه‌بندی، خطر

- ۱- کارشناس ارشد، گروه مدیریت مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران
- ۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرف‌های، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان
- ۳- کارشناس، گروه مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی غیردولتی کار، قزوین
- ۴- استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین

### مقدمه

در فرآیند ارزیابی و مدیریت ریسک لازم است که خطرات شناسایی شده بر اساس معیارهای خاص اولویت بندی گردند (Keeley *et al.*, 2011). دلیل این امر فراوانی زیاد خطرات شناسایی شده، درجه اهمیت و بحرانی بودن آنها و بالاخص محدود بودن منابع لازم برای کنترل آنهاست (Wang *et al.*, 2012). علاوه بر این همواره در صنایع بزرگ و پرخطر نظیر صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، نیروگاهی و ... نقش اقدامات کنترلی به عنوان ماحصل ارزیابی ریسک پر رنگ تر بوده و ارایه بهترین و مؤثرترین اقدامات کنترلی نیز در گرو استفاده از روشی مناسب برای رتبه بندی خطرات است که کمترین خطا و بیشترین دقت را داشته باشد.

هدف پژوهش حاضر ارایه روشی برای رتبه بندی دقیق تر خطرات بهداشتی، ایمنی و زیست محیطی مربوط به فرآیند ساخت نیروگاه های سیکل ترکیبی است. در همین راستا با توجه به انعطاف پذیری و دقت بالای روش فرآیند تحلیل شبکه ای در رتبه بندی گزینه های تصمیم (خطرات) و همچنین امکان در نظر گرفتن شبکه ای از معیارها و زیرمعیارها با تمامی ارتباطات موجود که دقت رتبه بندی را بالا می برد استفاده از روش فوق این امکان را فراهم می سازد که بتوان از آن برای رتبه بندی دقیق تر خطرات در حوزه HSE نیز استفاده کرد. روش فرآیند تحلیل شبکه ای یکی از روش های جبرانی تصمیم گیری چند شاخصه می باشد. روش های جبرانی، به روش هایی اطلاق می شود که در آنها اجازه مبادله در بین شاخص های اثرگذار بر تصمیم مجاز بوده و یک تغییر کوچک در یک شاخص می تواند با تغییری مخالف در شاخص یا شاخص های دیگر، جبران شود (Asgharpoor, 2011). بررسی های انجام شده نشان می دهد که در چند

سال اخیر برای پرداختن به مسایلی که دارای روابط متقابل و بازخورد میان عناصر و گزینه های تصمیم گیری خود هستند به طور گسترده ای از روش فرآیند تحلیل شبکه ای استفاده شده است (Zhang *et al.*, 2012). با بررسی نتایج مطالعات انجام شده در داخل کشور مشخص شد تاکنون از روش های تصمیم گیری چندشاخصه بالاخص روش فرآیند تحلیل شبکه ای برای رتبه بندی خطرات بهداشتی، ایمنی و زیست محیطی (HSE) استفاده نشده است. در پژوهش های جهانی نیز از این روش تنها برای رتبه بندی تمامی ریسک های مختلف پروژه شامل ریسک های اجتماعی، تکنولوژیکی، اقتصادی، اکولوژیکی و سیاسی در قالب یک مدل استفاده شده است و مدلی که به طور خاص بر رتبه بندی خطرات بهداشتی، ایمنی و زیست محیطی (HSE) به صورت یکپارچه تمرکز داشته باشد و منحصرأ در بخش HSE یک سازمان به کار برده شود، مشاهده نشد. جنبه تمایز و نوآوری پژوهش حاضر در مقایسه با سایر پژوهش ها از بعد شیوه طراحی و پیاده سازی این است که در روش پیشنهادی پژوهش حاضر رتبه بندی خطرات تحت زیر مدل رتبه بندی (Ratings) انجام می شود. همچنین تشکیل ساختار روش براساس عناصر متعدد کنترلی تصمیم با استفاده از نظر خبرگان و با در نظر گرفتن کلیه زیرمعیارها موجب بهبود نتایج نسبت به روش های مبتنی بر ماتریس خطرات می گردد. برای درک بهتر این تفاوت ها در قسمت «بحث»، روش پیشنهادی، با روش فعلی (ماتریس خطرات) و یکی از پژوهش های مشابه مقایسه می گردد که توسط «پانگران» و «پریبادی» در سال ۲۰۱۰ و با استفاده از ANP انجام گردید و به صورت مدلی مفهومی برای اولویت بندی ریسک های مختلف یک طرح مشارکتی در توسعه زیرساخت

شامل ریسک‌های اجتماعی، تکنولوژیکی، اقتصادی، اکولوژیکی و سیاسی در قالب یک مدل ارایه شده است (Pangeran *et al.*, 2010).

### روش کار

در مطالعه حاضر برای مدل‌سازی مساله تصمیم‌گیری در زمینه اولویت بندی خطرات شناسایی شده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شد. از آنجایی که یک مدل ANP متشکل از «هدف»، «شبکه معیارها و زیرمعیارها»، «گزینه‌ها»، «روابط میان عناصر» و «مقایسات زوجی میان عناصر» است، برای مدل‌سازی مساله، ابتدا هدف، ساختار کلی مدل و روابط میان عناصر مشخص و هر دو عنصر نسبت به عنصر سومی که با هر دوی آن‌ها ارتباط دارد مقایسه زوجی گردیدند. سپس برای رتبه‌بندی گزینه‌ها، مدل رتبه‌بندی (Ratings) ایجاد و گزینه‌ها به آن وارد شدند. مراحل یاد شده در بخش زیر تشریح شده است. برای سهولت نمایش در شکل ۱ هر یک از معیارها و زیرمعیارها با یکی از حروف الفبا مشخص گردیده است.

#### تعیین هدف روش ANP پیشنهادی

هدف این روش عبارت است از: «رتبه بندی خطرات بهداشتی، ایمنی و زیست‌محیطی در فرآیند ساخت نیروگاه سیکل ترکیبی» که با G نمایش داده شده است.

#### ساختار کلی روش ANP پیشنهادی شامل

معیارها و زیرمعیارها

ساختار کلی روش ANP پیشنهادی با بهره‌جویی از نظر بیست و پنج تن از خبرگان HSE صنعت نیروگاه تعیین شده است. اولین

خوشه روش ANP پیشنهادی بعد از هدف، خوشه‌ای به نام «سطح ریسک» است که از دو معیار «احتمال» و «شدت» تشکیل شده است (به ترتیب P و S) و هر یک از این دو معیار خود دارای زیرمعیارهایی است که در شکل ۱ به همراه تمامی روابط خارجی و داخلی میان خوشه‌ها بیان می‌شوند.

معیار خوشه «احتمال»: این خوشه شامل یک معیار به نام «تواتر وقوع» است که با F نمایش داده شده است.

معیارهای خوشه «شدت»: این خوشه شامل چهار معیار بوده که هر کدام از آن‌ها خود دارای زیرمعیارهایی هستند. تمامی هزینه‌های مربوط به این خوشه براساس نظر خبرگان HSE صنعت نیروگاه و با استفاده از هزینه‌های برآورد شده در واحد HSE شرکت مورد مطالعه تعیین شده‌اند. بعضی از معیارهای خوشه «شدت» عبارتند از:

هزینه‌های ناشی از آسیب به انسان ( $C_1$ ):

۱. هزینه‌های بیمه‌ای مربوط به انسان ( $C_{1,1}$ )
۲. هزینه‌های آسیب به تولید ناشی از آسیب به انسان ( $C_{1,2}$ ): در صورت بالفعل شدن خطرات و آسیب به انسان، ممکن است تولید آسیب دیده و هزینه‌هایی به شرکت تحمیل شود. این معیار دارای سه زیرمعیار بود.
۳. هزینه ناشی از ادعای غرامت فرد آسیب‌دیده در صورتی که کارفرما او را بیمه نکرده باشد ( $C_{1,3}$ )
۴. و ...

هزینه‌های ناشی از آسیب به سرمایه‌ها ( $C_2$ ):

۱. هزینه‌های بیمه‌ای مربوط به سرمایه‌ها ( $C_{2,1}$ )
۲. هزینه‌های ناشی از آسیب به تسهیلات
- ( $C_{2,2}$ ): در این قسمت منظور از واژه «تسهیلات»،

- جریمه آلودگی و تخریب خاک ( $C_{3,1,4}$ )  
 ۲. هزینه جبران خسارت به محیط و پاکسازی آن ( $C_{3,2}$ )

هزینه‌های ناشی از تاثیر بر اعتبار ( $C_4$ ):

۱. هزینه‌های ناشی از آسیب به اعتبار شرکت نزد دولت ( $C_{4,1}$ ): شامل وزارت کار و امور اجتماعی، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سازمان حفاظت از محیط‌زیست.

۲. هزینه‌های ناشی از آسیب به اعتبار شرکت نزد شرکت مادر ( $C_{4,2}$ )

۳. هزینه‌های ناشی از آسیب به اعتبار شرکت نزد کارفرما ( $C_{4,3}$ )

۴. و ...

تعیین روابط میان عناصر

در شکل ۱ شبکه روابط میان عناصر مشخص شده است.

کلیه سرمایه‌های فیزیکی شرکت چه در بخش تولید و چه در بخش خدمات شامل سازه‌ها و ساختمان‌ها، تاسیسات، ماشین‌آلات و تجهیزات و مواد اولیه می‌باشد که این معیار خود دارای چهار زیرمعیار بود.

۳. هزینه جایگزینی تجهیزات اضطراری ( $C_{2,4}$ )

۴. و ...

هزینه‌های ناشی از آسیب به محیط‌زیست ( $C_3$ ):

این معیار دارای دو زیرمعیار است که به شرح زیر می‌باشند:

۱. جریمه‌های زیست‌محیطی ( $C_{3,1}$ )

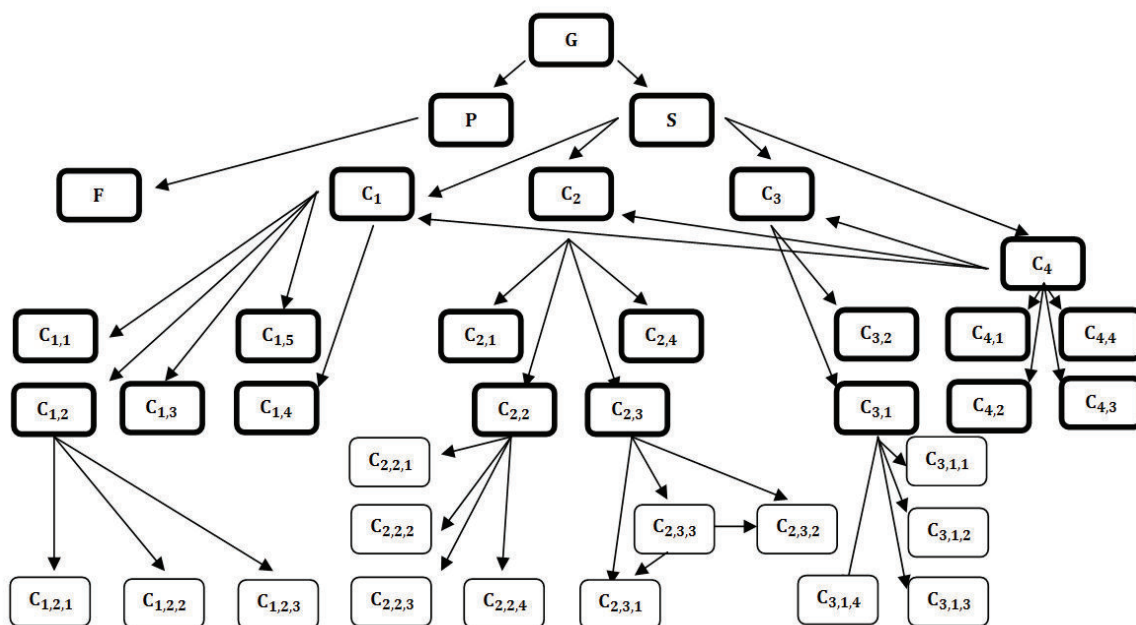
The Islamic Consultative Assembly of Iran,

(2005):

- جریمه آلودگی آب ( $C_{3,1,1}$ )

- جریمه آلودگی هوا ( $C_{3,1,2}$ )

- جریمه آلودگی صوتی ( $C_{3,1,3}$ )



شکل ۱: شبکه روابط میان عناصر

### انجام مقایسات زوجی میان عناصر

قضاوت‌ها منعکس‌کننده اثر نسبی یک عنصر بر عنصر دیگر در یک فرآیند مقایسه زوجی نسبت به یک عنصر سوم است (Saaty, 2005). این کار با پر کردن فرم‌های پرسشنامه مقایسات زوجی توسط بیست و پنج تن از خبرگان حوزه HSE نیروگاه و دستیابی به یک مقایسه زوجی واحد از نظرات آن‌ها، کار مقایسات زوجی انجام گردید.

### رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم (Alternatives)

این مرحله در فازهای زیر انجام شد:

### ساخت مدل رتبه‌بندی (Ratings) برای ورود

#### گزینه‌های تصمیم (خطرات HSE)

### مراحل ساخت مدل رتبه‌بندی (Ratings)

مربوط به پژوهش حاضر به صورت زیر بود:

### گام اول: تعیین معیارهای مدل رتبه‌بندی

#### (Ratings) و مقیاس‌های مربوط به هر معیار

در این پژوهش، ۵ معیار «تواتر وقوع»، «هزینه‌های ناشی از آسیب به انسان»، «هزینه‌های ناشی از آسیب به سرمایه‌ها»، «هزینه‌های ناشی از آسیب به محیط‌زیست» و «هزینه‌های ناشی از آسیب به اعتبار» به عنوان معیارهای مدل رتبه‌بندی در نظر گرفته شده و برای هر یک از این پنج معیار، مقیاس‌هایی برای سنجش گزینه‌ها (خطرات HSE) به صورت زیر تعیین شده است:

### - مقیاس‌های معیار «تواتر وقوع»: این

مقیاس‌ها عبارتند از «رویداد مکرر»، «رویداد محتمل»، «رویداد گاه به گاه»، «رویداد غیرمحتمل» و «رویداد بعید».

- مقیاس‌های دو معیار «هزینه‌های ناشی از آسیب به انسان» و «هزینه‌های ناشی از آسیب به سرمایه‌ها»: مقیاس‌های این دو معیار عبارتند از «شدید/فاجعه‌آفرین»، «جدی»، «متوسط»، «خفیف» و «ناچیز».

- مقیاس‌های معیار «هزینه‌های ناشی از آسیب به محیط‌زیست»: برای تعیین مقیاس‌های این معیار از ترکیب مقیاس‌های دو مفهوم «گستره آلودگی» و «شدت آلودگی» که هر کدام دارای پنج مقیاس هستند استفاده می‌شود و به همین دلیل لازم است ابتدا هر کدام از این مقیاس‌ها به طور جداگانه وزن‌دهی شود. این کار با استفاده از روش وزن‌دهی میانگین حسابی (Ghodsipoor, 2000) انجام و سپس با هم ترکیب شده و وزن‌هایی که به هم نزدیکند در یک دسته‌بندی قرار می‌گیرند. در نهایت پنج مقیاس برای معیار «هزینه‌های ناشی از آسیب به محیط‌زیست» تعریف می‌شوند.

- مقیاس‌های معیار «هزینه‌های ناشی از آسیب به اعتبار»: این مقیاس‌ها توسط «انجمن بین‌المللی تولیدکنندگان نفت و گاز (OGP)» (International Association of Oil & Gas Producers, 2009) و تعاریف هر یک از این مقیاس‌ها نیز توسط «اداره کل ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران» بیان گردیده است (Directorate General of Health, Safety and Environment of Iran Oil Ministry, 2006).

### گام دوم: انجام مقایسات زوجی میان

مقیاس‌های تعیین شده برای هر معیار

در مدل رتبه‌بندی (Ratings) برای تعیین

### یافته ها

نتایج به دست آمده از رتبه بندی خطرات HSE با روش پیشنهادی و روش فعلی برای ۱۰ خطر از میان ۶۰ خطر انتخابی در این مطالعه بر اساس رتبه خطرات در جدول ۱ آورده شده است. در جدول ۲ نتایج به دست آمده از رتبه بندی ۱۰ خطر (از میان ۶۰ خطر شناسایی شده) با استفاده از روش پیشنهادی و روش فعلی مقایسه و رتبه هر یک مشخص شده است.

همان گونه که از جداول فوق بر می آید علاوه بر اینکه اولویت تعدادی از خطرات در دو روش مورد اشاره متفاوت از هم هستند روش پیشنهادی قادر است که خطرات را به طور دقیق تر طبقه بندی کند به طوری که ۱۰ خطر مورد بحث در روش موجود در چهار طبقه کلی (۱ تا ۴) ولی در روش پیشنهادی در هفت طبقه (۱ تا ۷) جای گرفته اند. بدیهی است این امر مدیران را قادر می سازد که منابع محدود در اختیار خود را با دقت بیشتری به کنترل خطرات اولویت دار اختصاص دهند.

ارزش هر یک از مقیاس‌ها نسبت به دیگری، از مقایسه زوجی استفاده شد (Mohammadie Lord, 2009).

رتبه بندی گزینه های تصمیم (خطرات HSE) در این قسمت ابتدا ۶۰ خطر عمده HSE مربوط به فرآیند ساخت نیروگاه سیکل ترکیبی شناسایی شدند و برای گرفتن خروجی از روش ANP پیشنهادی، خطرات یاد شده به عنوان ورودی روش به نرم افزار Super Decisions وارد گردیدند. روش اختصاصی این نرم افزار برای استفاده از مقایسه های دودویی و تنظیم ارجحیت ها، محققین را قادر می سازد که نظرات خود را نسبت به دیگر روش های تصمیم گیری با دقت بالاتری منعکس و نتایج دقیق تری را حاصل نمایند (Mohammadie Lord, 2009). در مرحله نهایی اولویت های تعیین شده برای ۶۰ خطر شناسایی شده با روش معمول و روش پیشنهادی مورد مقایسه قرار گرفتند.

جدول ۱: عدد اولویت خطرات HSE در روش ANP پیشنهادی

شماره خطر	خطر HSE	عدد اولویت در روش ANP	عدد اولویت در روش فعلی
۱	برخورد ماشین آلات و تجهیزات با خط لوله نفت یا گاز حین گودبرداری	۰,۴۲۴۴۹۷	۴۰
۳	حضور ریگر در نزدیکی جرثقیل	۰,۳۷۲۷۶۰	۴۰
۲	برخورد ماشین آلات و تجهیزات با تاسیسات زیرزمینی برق حین گودبرداری	۰,۳۵۴۲۸۰	۴۰
۸	توزریق مواد اسیدی و شیمیایی	۰,۲۷۷۰۱۷	۳۲
۶	پرتوگیری هنگام رادیوگرافی	۰,۱۸۶۹۴۱	۱۶
۴	تماس با قیر مذاب و تنفس دود و فیوم ناشی از قیر	۰,۱۸۴۳۲۷	۱۶
۷	تماس با پرتو ماوراء بنفش حین جوشکاری	۰,۱۸۴۳۲۷	۱۶
۹	نشت روغن هنگام فلاشینگ	۰,۱۵۲۷۷۹	۹
۱۰	ورود رنگ به محیط زیست هنگام رنگ آمیزی حوضچه ژنراتور	۰,۱۵۲۷۷۹	۹
۵	پرتاب جرقه های جوشکاری	۰,۱۰۸۲۸۶	۱۶

جدول ۲: مقایسه نتایج رتبه‌بندی خطرات HSE انجام شده با روش پیشنهادی و روش فعلی

شماره خطر	رتبه خطر در روش ANP	رتبه خطر در روش فعلی
۱	۱	۱
۲	۳	۱
۳	۲	۱
۴	۶	۳
۵	۸	۳
۶	۵	۳
۷	۶	۳
۸	۴	۲
۹	۷	۴
۱۰	۷	۴

### بحث

بر اساس یافته‌های مطالعه مشخص شد که روش فعلی قادر به اولویت بندی دقیق خطرات نمی باشد. برای مثال روش فعلی از نظر درجه ریسک تفاوتی بین خطرات شماره ۱ تا ۳، خطرات ۴ تا ۷ و ۹ و ۱۰ قائل نیست. به عبارت دیگر مدیریت هیچ ایده‌ای برای اختصاص منابع محدود در دسترس خود برای حذف یا کنترل خطرات هم طبقه ندارد. در حالی که روش پیشنهادی علاوه بر اینکه قادر است خطرات را با دقت بیشتری از هم تفکیک نماید بلکه می تواند اهمیت آنها را نسبت به همدیگر بر اساس درجه ریسک آنها بیان کند. برای نمونه در روش پیشنهادی علاوه بر اینکه مشخص می شود که خطر شماره ۱ نسبت به خطر شماره ۲ در اولویت قرار دارد معلوم می کند که درجه خطر شماره ۱ شش درصد بزرگتر از خطر شماره ۲ می باشد. این توانمندی در رتبه‌بندی واقعی که در آنها تعداد خطرات شناسایی شده از صدها عدد تجاوز می کند از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود.

یکی از محدودیت‌هایی روش فعلی این است که اگر خطری از نظر مقیاس‌های ارایه شده در جدول شدت، از نظر آسیب به انسان در یک مقیاس (مثلا جراحت همراه با درمان سرپایی و کمک‌های اولیه) و از نظر آسیب به سرمایه‌ها در مقیاسی دیگر (مثلا خسارات مالی بیش از ۵۰ میلیون تومان یا حدودا بیش از ۱۵۰۰۰ دلار) قرار گیرد، ارزیاب ریسک ناچار به انتخاب تنها یکی از این مقیاس‌ها برای ارزیابی آن خطر خواهد بود در حالی که در روش ANP پیشنهادی با توجه به استفاده از مدل رتبه‌بندی (Ratings) در آن، امکان انتخاب هر ترکیبی از مقیاس‌ها وجود داشته و در نتیجه ارزیاب ریسک می‌تواند تمامی جوانب یک خطر را در نظر گرفته و این سبب افزایش دقت نتایج می‌شود. همچنین در روش فعلی خطرات یا از جنبه ایمنی و بهداشتی و یا از جنبه زیست‌محیطی رتبه‌بندی می‌شوند. این در حالی است که یک خطر HSE ممکن است هم‌زمان دارای پیامدهای ایمنی و بهداشتی و زیست‌محیطی باشد (Flin et al., 2000).

در شرایطی که ارزیاب ریسک قصد صرف نظر کردن از پیامدهای بهداشتی، ایمنی و زیست‌محیطی یک خطر را داشته باشد و بخواهد آن خطر را به صورت کلی مورد بررسی و رتبه‌بندی قرار دهد، روش فعلی این امکان را به وی نمی‌دهد در صورتی که در روش پیشنهادی امکان انتخاب هر ترکیبی از مقیاس‌ها اعم از بهداشتی، ایمنی و زیست‌محیطی وجود دارد.

محدودیت دیگر روش فعلی این است که امکان در نظر گرفتن آسیب‌هایی که یک خطر می‌تواند به اعتبار شرکت وارد نماید وجود ندارد که روش پیشنهادی این محدودیت را پوشش می‌دهد. علاوه بر این در روش فعلی برای رتبه‌بندی خطرات تنها چند معیار احتمال، شدت، میزان مواجهه با خطر و ضریب کشف در نظر گرفته می‌شود در صورتی که برای هر کدام از این معیارها زیرمعیارهای فراوانی وجود دارد که روش فعلی آن‌ها را در محاسبات دخالت نمی‌دهد که این امر به دقت رتبه‌بندی با روش فعلی خدشه وارد می‌کند. روش پیشنهادی، این زیرمعیارها را در قالب یک مدل ANP و با در نظر گرفتن تمامی روابط ممکن میان آن‌ها در نظر می‌گیرد.

در خصوص مقایسه روش ANP پیشنهادی با مدل ارایه شده توسط «پانگران» و «پریادی» (Pangeran *et al.*, 2010) می‌توان گفت این دو مدل به دلیل طراحی برای دو کاربرد متفاوت، از لحاظ ساختار کلی با یکدیگر قابل مقایسه نمی‌باشند، اما از لحاظ نحوه دریافت و رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم، مدل «پانگران» و «پریادی» براساس مقایسه زوجی مستقیم گزینه‌ها، کار

رتبه‌بندی را انجام می‌دهد. این امر سبب شده در مواقعی که تعداد گزینه‌ها زیاد هستند، تعداد مقایسات زوجی به شدت افزایش یافته و کار رتبه‌بندی زمان‌بر و دشوار گردد. همچنین مقایسات زوجی تا حد زیادی وابسته به نظر شخص ارزیاب است زیرا اعداد ۱ تا ۹ که در مقایسه زوجی استفاده می‌شوند، تعاریف دقیقی نداشته و ممکن است نتیجه انجام مقایسات زوجی توسط دو فرد ارزیاب مختلف کاملاً متفاوت باشند. اما در روش ANP پیشنهادی این تحقیق به‌جای استفاده از مقایسه زوجی مستقیم گزینه‌ها از مقایسه زوجی غیرمستقیم آن‌ها استفاده شده است و این کار با استفاده از یک مدل ضمیمه مدل ANP به نام مدل رتبه‌بندی (Ratings) انجام شده است و بنا به توصیه «ساعتی» در مواقعی که تعداد گزینه‌ها بیشتر از ۹ عدد باشد، استفاده از این مدل پیشنهاد می‌گردد (Mohammadie Lord, 2009). استفاده از مدل رتبه‌بندی دارای مزایایی است که معایب ذکر شده در مدل «پانگران» و «پریادی» را حذف می‌نماید.

این مزایا عبارتند از حذف مرحله انجام مقایسات زوجی گزینه‌ها که منجر به سرعت و سهولت در استفاده از روش ANP پیشنهادی می‌شود. این افزایش سرعت و سهولت به‌خصوص در مواقعی که تعداد خطرات زیاد باشند، چشمگیر است و همچنین وابستگی نتایج رتبه‌بندی به نظر شخص ارزیاب تا حد زیادی کاهش می‌یابد. زیرا در این مدل به‌جای استفاده از اعداد ۱ تا ۹ مقیاس‌هایی به‌کار می‌روند که هر کدام دارای تعاریف دقیقی هستند.

International Association of Oil & Gas Producers; International Association of Geophysical Contractors, (2009). Managing HSE in a Geophysical Contract. OGP Publications, Report No. 432.

Keeley, D., Turner, S., & Harper, P. (2011). Management of the UK HSE failure rate and event data. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24 (3), 237-241.

Mohammadie Lord, A., (2009). Analytical Network Process (ANP) and Analytical Hierarchy Process (AHP), 1st. Ed. Alborzfarre Danesh Publications, 0-554 (in Persian).

Pangeran, M. H.; Pribadi, K. S., (2010). Conceptual model of analytical network process for prioritizing risk in a PPP infrastructure project. In Proceedings of the First Makassar International Conference on Civil Engineering (MICCE2010), Batu Pahat, Johor, Malaysia, March 9-10.

Saaty, T. L. (2005). Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks. RWS publications.

The Islamic Consultative Assembly of Islamic Republic of Iran, (2005). Regulations implementing of paragraph (c) of Article (104) of the Third Plan Law of Economic, Social and Cultural Development of Islamic Republic of Iran, (in Persian).

### نتیجه گیری

روش پیشنهادی قادر است با تعیین رتبه واقعی خطرات، آنها را در گروه‌های دقیق‌تری طبقه‌بندی نماید. به همین دلیل در سازمان‌های بزرگ و پرخطر که با کمبود منابع مالی و انسانی مواجه باشند روش پیشنهادی به اختصاص واقعی‌تر منابع محدود کمک خواهد کرد. برای پژوهش‌های آتی در صورتی که به دقت بیشتری برای رتبه‌بندی خطرات HSE نیاز باشد، استفاده از ANP فازی برای نزدیک‌تر شدن خروجی روش به واقعیت پیشنهاد می‌شود.

### منابع

Asgharpoor, M.J., (2011). Multi Criteria Decision Making, 10th. Ed. Tehran University Publications, 4-03-3 (in Persian).

Directorate General of Health, Safety and Environment of Iran Oil Ministry, (2006). Guideline to Risk Assessment Matrix Health, Safety and Environment. record number: 85051018 (in Persian).

Flin, R., Mearns, K., O'Connor, P., & Bryden, R. (2000). Measuring safety climate: identifying the common features. *Safety science*, 34(1), 177-192.

Ghodsipoor, H., (2000). Analytical Hierarchy Process (AHP), 1st. Ed. Amirkabir Industrial University Publications, 4-463 (in Persian).

- Zhang, J., Wu, D., & Olson, D. L. (2005). The method of grey related analysis to multiple attribute decision making problems with interval numbers. *Mathematical and computer modelling*, 42(9), 991-998.
- Wang, Y., Tian, M., Wang, D., Zhao, Q., Shan, S., & Lin, S. (2012). Study on the HSE Management at Construction Site of Oil and Gas Processing Area. *Procedia Engineering*, 45, 231-234.

## Introducing a method for Health, Safety and Environmental (HSE) risk assessment, using multi-criteria decision making (MCDM) techniques: a case study in power plant construction

A. Fazlollah<sup>1</sup>; I. Mohammadfam<sup>2\*</sup>; M. J. HadgiParvaneh<sup>3</sup>; M. Omidvari<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MSc, Department of Environmental Management, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

<sup>2</sup> Associate professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan

<sup>3</sup> BSc, Department of Industrial Engineering, Kar University, Qazvin

<sup>4</sup> Assistant professor, Department of Industrial Engineering, School of Engineering, Islamic Azad University of Qazvin

### Abstract

**Introduction:** Nowadays, using multi attribute decision making (MADM) techniques in HSE hazard rating have been widely increased. On the other hand, Analytical Network process (ANP) methods has a high flexibility and accuracy in decision ranking. Therefore, the combination of the two mentioned approaches can provide a more precise prioritization for HSE hazards. Using ANP techniques, in this research a method for accurate rating of HSE hazards in the construction procedure of combined cycle power plant was presented.

**Material and Method:** In this study, first, the overall structure and components of ANP method were identified and the connections between its components were determined. Then, the determined structure and components were modeled, using super decision software. In the next stage, pair comparisons were performed between an criteria and sub-criteria with respect to HSE experts opinions, Finally, selected HSE hazards were prioritized and compared according to the presented ANP method and the common available method.

**Result:** According to the results, common risk assessment method is not able to prioritized risk accurately. While the current method classified the ten main identified hazards in 4 general categories, the presented method in this study could prioritized then in 7 categories.

**Conclusion:** The suggested ANP model could provide a more accurate prioritization for hazards in comparison with current methods because of considering five qualitative indices. This allows an optimal allocation of organizational resources for controlling hazards.

**Keywords:** Safety, Analytical Network process, rating, hazard

\* Corresponding Author Email: [mohammadfam@umsha.ac.ir](mailto:mohammadfam@umsha.ac.ir)