Archive of SID

نشریه مهندسی منابع معدنی
Journal of Mineral Resources Engineering
(JMRE)

دوره دوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، صفحه ۶۷ تا ۷۹
Vol. 2, No. 3, Autumn 2017, pp. 67-79

ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی کارخانه زغالشویی البرز شرقی با استفاده از روش تحلیل تاکسونومی

محمد حیاتی[1*]، رضا قائد رحمتی[1]

۱- استادیار، گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه لرستان، خرم آباد

(دریافت ۱۳۹۵/۰۶/۰۹، پذیرش ۱۳۹۶/۱۰/۲۴)

چکیده

معدنکاری و صنایع وابسته به مواد معدنی در ارتباط نزدیک و مستقیم با محیط زیست قرار دارند. تاثیرات محیط زیستی این صنایع باید به نوعی کنترل و مدیریت شوند که کمترین اثرات منفی (ریسک) را بر روی محیط زیست داشته باشند. مطالعات ارزیابی ریسک محیط زیستی، گامی مناسب برای شناسایی، تجزیه و تحلیل و رتبه‌بندی عوامل مخاطره‌آمیز است که در نتیجه کاهش و کنترل ریسک‌های بالقوه در راستای حفظ محیط زیست را در پی دارد. در این تحقیق ضمن شناسایی ریسک‌های محیط زیستی ناشی از کارخانه زغالشویی البرز شرقی در قالب هفده عامل ریسکی، به بررسی تاثیر آن‌ها در دوازده مولفه محیط زیستی پرداخته شده است. برای این منظور ابتدا مجموعه‌ای از معیارها برای ارزیابی ریسک‌ها پیشنهاد شد. در ادامه با استفاده از روش تحلیل تاکسونومی به عنوان یکی از مهمترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، ارزیابی ریسک‌ها انجام شده است و ریسک‌های هفده‌گانه در هر کدام از دوازده مولفه محیط زیستی تحت تاثیر رتبه‌بندی شدند. بر اساس برخی از نتایج به‌دست آمده، ریسک‌های "وضعیت رویت محدوده صنعتی"، "روش دفع مواد باطله" و "نوع تشکیلات زمین‌شناسی منطقه" به ترتیب در هر کدام از مولفه‌های "کاربری منطقه"، "مسایل اجتماعی" و "آب‌های سطحی" رتبه اول را به خود اختصاص داده و به عنوان بحرانی‌ترین ریسک‌ها معرفی شدند. بنابراین با توجه به عدم امکان ارایه پاسخ همزمان به کلیه ریسک‌ها می‌توان بر مبنای رتبه‌بندی به‌دست آمده برای آن‌ها در هر مولفه، تمهیدات لازم را به‌کار گرفت و به منظور کاهش زیان ناشی از آن‌ها برنامه‌ریزی لازم را به عمل آورد.

کلمات کلیدی

ارزیابی ریسک محیط زیستی، مولفه‌های محیط زیستی، کارخانه زغالشویی، روش تحلیل تاکسونومی.

[*] نویسنده مسئول و عهده دار مکاتبات Email: hayati.m@lu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

معادن و کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی از مهم‌ترین صنایع مخاطره‌آمیز برای محیط زیست‌اند. در راستای منافع اقتصادی حاصل از این صنایع، مخاطرات و ریسک‌های محیط زیستی آن‌ها از قبیل آلودگی هوا، آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه، از بین رفتن پوشش گیاهی منطقه تحت تاثیر و نظایر آن اجتناب‌ناپذیر است. از این‌رو امروزه ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی در واحدهای صنعتی و فعالیت‌های معدنکاری برای جلوگیری و کنترل آثار زیان‌بار و گاه جبران‌ناپذیر آن‌ها بسیار حایز اهمیت و ضروری است. در واقع ارزیابی ریسک یکی از ارکان مدیریت ریسک پروژه بوده و هدف آن اندازه‌گیری ریسک‌ها بر اساس شاخص‌های مختلف است. رتبه‌ندی ریسک‌ها، قسمت کلیدی این فرآیند به‌شمار می‌رود و امکان تعیین ارجحیت هر ریسک در مقابل سایر ریسک‌ها را فراهم کرده و در نتیجه تصمیم‌گیرنده می‌تواند در مورد میزان تخصیص منابع موجود برای مقابله با هر ریسک برنامه‌ریزی کند [۱]. ارزیابی ریسک غالبا با استفاده از روش‌های کلاسیک مانند روش فولچی[۲]، ماتریس احتمال- اثر ریسک [۵-۳]، روش FMEA [۶]، روش FTA [۷] ، روش ETA [۹،۸] انجام می‌شود. معیارهای ارزیابی در این روش‌ها محدود بوده و از سایر معیارهای مهم ارزیابی ریسک چشم‌پوشی شده است.

هر چند که این روش‌ها ساده بوده و به‌راحتی قابل استفاده‌اند ولی در بیشتر موارد نتایج قابل اعتمادی به‌دست نمی‌دهند و ممکن است باعث بروز خطای سیستماتیک شوند [۱۰،۱]. بدین‌ترتیب استفاده از روش‌های معتبرتر ضروری است.

در این راستا استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) ابزار قابل اعتمادی برای ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک است [۱۲،۱۱]. در این روش‌ها امکان در نظر گرفتن کلیه معیارهای مرتبط با تخصیص اوزان متفاوت و تبادل بین آن‌ها وجود دارد و در نتیجه می‌توان گفت نتایج قابل اعتمادی ایجاد می‌کند. مرور برخی از تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که برای ارزیابی و مدیریت ریسک بسیاری از پروژه‌ها و نیز به ندرت در ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی، از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به تنهایی یا در تلفیق با سایر تکنیک‌ها استفاده شده است که در بیشتر این تحقیقات، روش‌های مرسومی مانند AHP، TOPSIS، ANP و نظایر آن با در نظر گرفتن تعداد محدودی از معیارهای ارزیابی ریسک، به‌کار گرفته شده است [۱۸-۱۳] اما تاکنون با رویکرد ارایه شده در این مقاله، تحقیقی انجام نشده و از این منظر این تحقیق دارای نوآوری است.

یکی از مطالعات نسبتا کامل برای ارزیابی اثرات زیست محیطی کارخانه زغالشویی البرز شرقی توسط قائدرحمتی و دولتی اردجانی [۱۹] با بهبود روش توسعه یافته فولچی [۲] بوده است. در این تحقیق با استفاده از ریسک‌های زیست محیطی ناشی از کارخانه زغالشویی البرز شرقی در قالب هفده عامل و منظور نمودن مولفه‌های زیست محیطی مورد تاثیر که در کار قائدرحمتی و دولتی اردجانی [۱۹] مورد بررسی قرار گرفته است به روش تحلیل تاکسونومی مدلسازی ریسک انجام می‌گیرد. برای این منظور ضمن پیشنهاد مجموعه‌ای از معیارها، ارزیابی ریسک‌ها با استفاده از روش تحلیل تاکسونومی به عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه انجام شده است و ریسک‌های هفده‌گانه در هر کدام از دوازده مولفه محیط زیستی تحت تاثیر رتبه‌بندی شدند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- روش تحلیل تاکسونومی

روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین m گزینه موجود یا رتبه‌بندی گزینه‌های مورد نظر بر اساس تعدادی معیار به‌کار می‌روند و ویژگی متمایز آن‌ها این است که معمولا تعداد معدود و قابل شمارشی از گزینه‌های از پیش تعیین شده وجود دارد. مبنای مدلسازی در این روش‌ها، ایجاد و تشکیل جدول توافقی است [۲۰]. از مهمترین و قویترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌توان به روش تحلیل تاکسونومی اشاره نمود [۲۱،۲۰]. این روش برای اولین بار در سال ۱۷۶۳ توسط آدنسون مطرح شد و در سال ۱۹۵۰ توسط گروهی از ریاضی دانان بسط داده شد. تحلیل تاکسونومی برای طبقه‌بندی‌های مختلف در علوم به کار برده می‌شود که نوع خاص آن تاکسونومی عددی است. تاکسونومی عددی برای ارزیابی شباهت و نزدیکی‌های بین واحدهای تاکسونومیک و درجه‌بندی و رتبه‌بندی آن‌ها به کار می‌رود. در این روش یک مجموعه به مجموعه‌های کم و بیش همگن تقسیم شده و مقیاس قابل قبولی برای بررسی و سنجش میزان توسعه‌یافتگی نواحی در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهد. این روش بر پایه تحلیل یک سری از شاخص‌ها تعیین شده است که در اولویت‌بندی گزینه‌های موجود به کار می‌رود و یک درجه‌بندی کامل برای ارزیابی گزینه‌ها ارایه می‌دهد و

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: ماتریس تصمیم

	C_1	C_2	C_3	.	.	.	C_n
A_1	r_{11}	r_{12}	r_{13}	.	.	.	r_{1n}
A_2	r_{21}	r_{22}	r_{23}	.	.	.	r_{2n}
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
A_m	r_{m1}	r_{m2}	r_{m3}	.	.	.	r_{mm}
میانگین	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	.	.	.	.	$\bar{x}_n$
انحراف معیار	σ_1	σ_2	.	.	.	.	σ_n

در زمینه‌های مختلف علوم مهندسی به وفور استفاده می‌شود. مراحل مختلف تحلیل تاکسونومی در ۸ گام به شرح زیر ارایه شده است [۲۰]:

مرحله ۱: مشخص نمودن گزینه‌ها و شاخص‌های مختلف

تحلیل‌گر و یا گروه خبرگان (از طریق تشکیل پانل و یا روش دلفی) شاخص‌ها ($C_1, C_2, \ldots, C_n$) را بررسی و انتخاب می‌کنند. در این مرحله m گزینه ($A_1, A_2, \ldots, A_m$) در نظر گرفته می‌شود که با n شاخص ارزیابی می‌شوند.

مرحله ۲: تشکیل ماتریس تصمیم و محاسبه میانگین و انحراف معیار داده‌ها

بر اساس ارزیابی گزینه‌ها با توجه به شاخص‌های مختلف، ماتریس تصمیم به صورت جدول ۱ تشکیل می‌شود. در این جدول r_{ij} بیان‌کننده مطلوبیت گزینه iام از نظر شاخص jام به صورت کیفی یا کمّی است. در این مرحله باید توجه کرد که شاخص‌هایی که منفی‌اند باید معکوس شده و یا به روش‌های دیگر منفی بودن آن در نظر گرفته شود. از دیگر روش‌های مرسوم و بهتری که می‌توان مثبت و منفی بودن شاخص‌ها را لحاظ کرد، استفاده از رقم ایده‌آل مثبت و منفی است، بدین معنی که برای شاخص‌های مثبت بزرگترین عدد مثبت و برای شاخص‌های منفی بزرگترین عدد منفی – برای هر ستون از ماتریس استاندارد – به عنوان ایده‌آل مثبت و منفی تعیین می‌شوند. از طرف دیگر بعضی شاخص‌ها کیفی‌اند که می‌توان آن‌ها را به شاخص‌های کمّی تبدیل نمود. بعد از تشکیل ماتریس داده‌ها، میانگین و انحراف معیار هر شاخص محاسبه می‌شود.

مرحله ۳: تشکیل ماتریس استاندارد (نرمال شده) Z

در ماتریس تصمیم، گزینه‌ها بر حسب شاخص‌هایی بیان شده‌اند که مقیاس‌های اندازه‌گیری مختلفی دارند، بنابراین در این مرحله سعی می‌شود، واحدهای مختلف آن‌ها حذف شده و بی‌مقیاس (نرمال) شوند که برای این کار از رابطه Z استاندارد استفاده می‌شود، یعنی میانگین مقادیر هر شاخص از مقدار هر خصوصیت کم شده و بر انحراف معیار آن تقسیم می‌شود (رابطه ۱). در این رابطه $\bar{x}_j$ و σ_j به ترتیب میانگین و انحراف معیار هر شاخص یا هر یک از ستون‌های ماتریس است.

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j} \qquad (۱)$$

در انتهای ماتریس استاندارد برای هر کدام از شاخص‌های مثبت، بزرگترین عدد مثبت قابل مشاهده (ایده‌آل مثبت) و برای شاخص‌های منفی، بزرگترین عدد منفی (ایده‌آل منفی) تعیین می‌شود که با DO_j نمایش داده می‌شود.

مرحله ۴: تعیین فاصله مرکب بین گزینه‌ها

در این مرحله با داشتن ماتریس استاندارد Z، فاصله هر گزینه از گزینه‌های دیگر نسبت به هر یک از شاخص‌ها از رابطه ۲ تعیین می‌شود:

$$D_{ab} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \left(Z_{aj} - Z_{bj}\right)^2} \qquad (۲)$$

در این رابطه a و b دو گزینه مورد ارزیابی‌اند. این عملیات یک نوع محاسبه زوجی بین هر دو گزینه با هم است. مهم‌ترین ویژگی‌های این عملیات به شرح زیر است:

فاصله هر دو گزینه از خودش برابر صفر است ($D_{aa} = D_{bb} = 0$).

فاصله گزینه a و b مساوی با فاصله گزینه b از a است ($D_{ab} = D_{ba}$).

با توجه به موارد فوق ماتریس فواصل مرکب بین گزینه‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

تشکیل می‌شود که قطر اصلی آن نشان دهنده فاصله هر گزینه با خودش است که برابر صفر خواهد بود.

مرحله ۵: تعیین کوتاه‌ترین فاصله

در این مرحله پس از محاسبه فواصل مرکب، کمترین میزان فاصله هر سطر از ماتریس تعیین می‌شود. سپس میانگین هر کدام از فاصله گزینه‌ها و انحراف معیار آن‌ها به دست آمده و همین کار برای کوتاه‌ترین فاصله نیز انجام می‌شود.

مرحله ۶: تحدید یا همگن‌سازی گزینه‌ها

ممکن است واحدهایی وجود داشته باشند که دارای فاصله‌های بسیار بیشتر و یا کمتر از سایر گزینه‌ها باشد، بنابراین باید گزینه‌های ناهمگن از مجموعه حذف شوند، برای انجام این کار حد بالا و حد پایین با استفاده از روابط ۳ تا ۵ به دست می‌آیند.

$$O_r = \bar{d}_r \pm 2\sigma_{dr} \quad (۳)$$

$$O_r(+) = \bar{d}_r + 2\sigma_{dr} \quad \text{حد بالا} \quad (۴)$$

$$O_r(-) = \bar{d}_r - 2\sigma_{dr} \quad \text{حد پایین} \quad (۵)$$

در این صورت dr های بین حد بالا و حد پایین هماهنگ بوده و گزینه‌هایی که خارج از این محدوده تعیین شده قرار بگیرند، باید حذف شوند. مجددا ماتریس تصمیم بدون گزینه‌های حذف شده تشکیل شده، مراحل تکرار می‌شوند.

مرحله ۷: تعیین الگو یا سرمشق گزینه‌ها

در این مرحله فاصله هر یک از گزینه‌ها از مقدار ایده‌آل (مشخص شده در مرحله ۴) را به دست آورده، فاصله کم از ایده آل نمایانگر وضعیت مناسب آن است و فاصله زیاد بیان‌کننده وضعیت نامناسب آن گزینه است. الگو یا سرمشق گزینه‌ها از رابطه ۶ به دست می‌آید:

$$Cio = \sqrt{\sum_{j=1}^{M} \left(Z_{ij} - Z_{bj}\right)^2} \quad (۶)$$

مرحله ۸: درجه‌بندی میزان توسعه‌یافتگی گزینه‌ها (F_i)

در این مرحله به درجه‌بندی توسعه‌یافتگی و وضعیت گزینه‌ها پرداخته می‌شود. اگر F_i میزان توسعه‌یافتگی یک گزینه (وضعیت مناسب یک گزینه) باشد در این صورت:

$$F_i = \frac{Cio}{Co} \quad (۷)$$

در این رابطه Cio، : سرمشق توسعه هر گزینه و Co: حد بالای توسعه است. برای محاسبه Co باید میانگین و انحراف Co ها مشخص شود که این‌کار در انتهای مرحله هفت انجام می‌گیرد و محاسبه آن به شکل رابطه ۸ است:

$$\mathrm{Co} = \overline{\mathrm{Cio}} + 2\sigma_{\mathrm{Cio}} \quad (۸)$$

F_i بین صفر و یک قرار می‌گیرد و هر قدر به صفر نزدیک باشد نشان دهنده توسعه‌یافتگی بهتر گزینه (وضعیت بهتر آن) و هر چه به یک نزدیک‌تر می‌شود بیانگر وضعیت بد آن (عدم توسعه یافتگی آن) است. در این صورت مسأله تاکسونومی پایان یافته و درجه‌بندی گزینه‌های آن مشخص شده است.

۲-۲- معیارهای ارزیابی ریسک

همان‌طور که اشاره شد هدف از فاز ارزیابی ریسک اندازه‌گیری ریسک‌ها بر اساس معیارهای مختلف است، بنابراین در بیشتر تحقیقات از روش‌های مرسوم ارزیابی که تنها مبتنی بر معیارهای محدودند، استفاده شده است و این در حالی است که بسیاری از محققان بر غیر قابل اعتماد بودن و عدم اعتبار کافی نتایج حاصل از این روش‌ها اذعان داشته‌اند. با این وجود، در برخی دیگر از تحقیقات انجام شده، معیارهای دیگری مانند توانایی سازمان در واکنش به ریسک [۲۲]، درجه عدم اطمینان تخمین [۲۳] و سرعت مقابله با ریسک [۲۴]، احتمال و میزان تاثیر بر زمان، هزینه و کیفیت پروژه در رتبه‌بندی ریسک‌ها [۲۵] نیز مطرح شده‌اند، همچنین از معیارهای تکمیلی مدیریت‌پذیری و نزدیکی وقوع ریسک [۲۶] و اثرات اجتماعی اقتصادی و اثرات محیط زیستی نیز استفاده شده است [۲۷]. در یک جمع بندی کلی تاکنون مجموعه جامعی از معیارهای ارزیابی ریسک به طور همزمان، معرفی و استفاده نشده است. معیارهای تعیین شده برای ارزیابی ریسک‌ها در این تحقیق در جدول ۲ نشان داده شده است. در معیارهای با جنبه اثرگذاری مثبت هر چه مقدار این معیارها برای یک ریسک بیشتر باشد، میزان بحرانی بودن آن ریسک نیز بیشتر است. در معیارهایی که دارای جنبه اثرگذاری منفی‌اند با افزایش مقدار این معیارها برای یک ریسک، میزان

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: مجموعه معیارهای ارزیابی ریسک

معیار	احتمال وقوع ریسک	میزان اثرگذاری ریسک	میزان کشف ریسک	میزان مواجهه با ریسک	میزان مدیریت پذیری ریسک	میزان شناخت ریسک	میزان اطمینان تخمین	میزان کاهش ریسک
تعریف	نشان‌دهنده انتظار تحلیل‌گر (خبره) از وقوع رویداد ریسک است.	تاثیر منفی است که یک ریسک بر هر یک از مولفه های مورد نظر می‌گذارد.	میزان توانایی در پی بردن به وقوع ریسک و مکشوف بودن آن است.	بیان کننده میزان تکرار و روبرو شدن با ریسک در پروژه است.	توانایی سازمان در پیش بینی وقوع ریسک و توانایی مدیریت و پاسخ به آن است.	میزان اطلاع و آگاهی فرد خبره از ریسک در هنگام وقوع است.	میزان اطمینان تحلیل گر از تخمین مقادیر ارزیابی ریسک است.	میزان کاهش اثرات ریسک بر پروژه بعد از اقدام پیشگیرانه است.
نماد	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
جنبه اثر	مثبت	مثبت	منفی	مثبت	منفی	منفی	منفی	منفی

بحرانی بودن ریسک کاهش می‌یابد.

۳- منطقه مورد مطالعه

۳-۱- کارخانه زغالشویی البرز شرقی

کارخانه زغالشویی البرز شرقی در شمال شرق ایران حدفاصل شهرهای دامغان و شاهرود واقع شده است. شکل ۱ موقعیت این کارخانه و منطقه تحت تاثیر را نشان می‌دهد.

این کارخانه قدمتی در حدود ۳۰ سال دارد. آب و هوای منطقه معتدل و دارای زمستان‌های سرد است. مقدار زغال ورودی به کارخانه حدود ۶۰۰ هزار تن در سال است و نرخ بازیابی کارخانه در حدود ۵۰ درصد است، بنابراین نیمی از زغال‌سنگ ورودی به کارخانه به صورت باطله در مناطقی در نزدیک کارخانه جمع‌آوری می‌شود. همچنین زغال‌سنگ ورودی قبل از ورود به کارخانه زغالشویی در محل‌های در نزدیک کارخانه انبار می‌شوند. انباشت زغال‌سنگ و باطله آن در محل، مشکلات محیط زیستی متعددی علاوه بر مشکلات ناشی از خود کارخانه ایجاد می‌کند. حدود ۸۰ درصد باطله‌های تولیدی مربوط به روش فرآوری استفاده از جیگ است و مابقی باطله‌ها مربوط به مرحله فلوتاسیون می‌شود. مقدار سولفید در بار ورودی کارخانه شامل سولفید آزاد و کانی پیریت حدود ۱ تا ۲ درصد است که بخش عمده آن کانی پیریت است. باطله‌ها در پنج قسمت در اطراف کارخانه با توجه به نوع و بر اساس سابقه جمع‌آوری می‌شوند. در ضمن باطله‌های مربوط به فلوتاسیون ابتدا در دو سد باطله برای خشک شدن جمع‌آوری می‌شوند. در مطالعه حاضر ابتدا داده‌های محیط زیستی لازم جمع‌آوری شده سپس بر اساس روش مورد استفاده تخمین‌های مورد نظر انجام شده است [۱۹].

۳-۲- ریسک‌های کارخانه زغالشویی و مولفه‌های محیط زیستی تحت تاثیر

ریسک‌های محیط زیستی کارخانه زغالشویی در قالب ۱۷ فاکتور موثر شناسایی شده‌اند (جدول ۳). مولفه‌های محیط زیستی، بخش‌هایی از محیط زیست‌اند که تحت تاثیر فاکتورهای موثر قرار می‌گیرند. در این تحقیق ۱۲ مولفه محیط زیستی تحت تاثیر، مطابق جدول ۴ در نظر گرفته شده است.

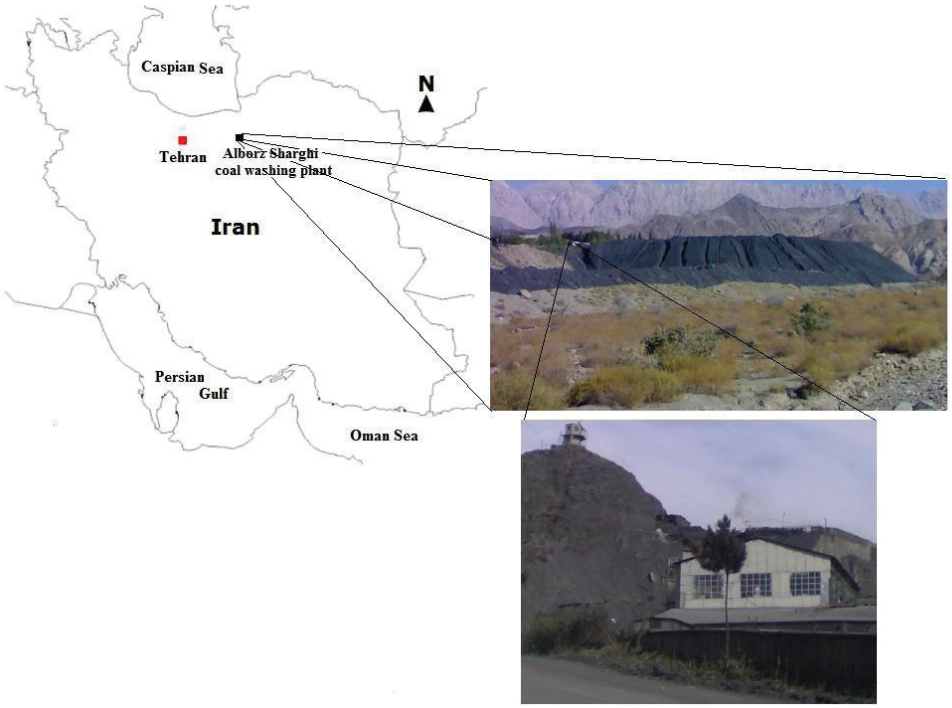
۴- نتایج تحقیق

۴-۱- فرایند ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی کارخانه البرز شرقی

به منظور ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی کارخانه البرز شرقی، در ابتدا نظرات خبرگان در مورد میزان ریسک‌های ۱۷ گانه (جدول ۳) با توجه به معیارهای ۸ گانه (جدول ۲) برای هر کدام از ۱۲ مولفه مورد تاثیر (جدول ۴) جمع‌آوری شد. نظرسنجی و امتیازدهی در خصوص میزان هر یک از معیارها به

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: موقعیت کارخانه زغالشویی البرز شرقی و بخشی از منطقه تحت تاثیر [۱۹]

ازای هرکدام از ریسک‌ها بر اساس یک طیف ۷ گانه مطابق جدول ۵ انجام گرفت. به این ترتیب تعداد ۱۲ ماتریس ۸×۱۷ به‌دست آمد که عدد ۱۷ نشان دهنده تعداد ردیف‌ها (ریسک‌های شناسایی شده)، عدد ۸ نشان دهنده تعداد ستون‌ها (معیارهای معرفی شده) و درایه‌های این ماتریس‌ها مقادیر کیفی نظرات خبرگان است.

به عنوان نمونه نظرات کیفی خبرگان در خصوص ریسک‌های مختلف به ازای معیارهای ارزیابی برای مولفه اول یعنی سلامتی و ایمنی انسان در جدول ۶ نشان داده شده است. در ادامه مطابق جدول ۵ مقادیر کیفی به مقادیر کمّی تبدیل شدند که نتایج برای مولفه اول در جدول ۷ نشان داده شده است. این جدول به عنوان ماتریس تصمیم برای استفاده از روش تحلیل تاکسونومی مورد استفاده قرار گرفته است.

در ادامه، به عنوان نمونه مراحل به‌کارگیری این روش برای مقادیر مربوط به مولفه اول (جدول ۷) بیان شده است. بعد از تشکیل ماتریس تصمیم، مطابق با گام‌های یاد شده برای این تکنیک ابتدا میانگین و انحراف معیار مربوط به امتیاز ریسک‌های مختلف نسبت به هر شاخص (اعداد هر ستون) را محاسبه کرده که نتایج در جدول ۸ نشان داده شده است. به منظور بی‌مقیاس کردن ماتریس داده‌ها از رابطه Z نرمال استاندارد (رابطه ۱) استفاده شده است و به این ترتیب ماتریس استاندارد به‌دست می‌آید (جدول ۹). در ادامه با بررسی ماتریس استاندارد، بزرگترین عدد مثبت/ منفی هر ستون برای شاخص‌های با جنبه مثبت/ منفی به عنوان ایده‌آل (DO_j) تعیین می‌شود (جدول ۱۰).

در ادامه به‌منظور تعیین فاصله مرکب بین گزینه‌ها (ریسک‌ها) نسبت به هر کدام از شاخص‌ها، با داشتن ماتریس استاندارد از رابطه‌های ۲ و ۳ استفاده شد که نتایج در جدول ۱۱ درج شده است. پس از محاسبه فواصل مرکب، کمترین میزان فاصله هر سطر از ماتریس تعیین می‌شود. سپس میانگین و انحراف معیار هر کدام از فاصله گزینه‌ها و همچنین کوتاه‌ترین فاصله نیز محاسبه می‌شود (جدول ۱۲).

در ادامه به منظور همگن‌سازی گزینه‌ها از رابطه‌های ۴ و ۵ استفاده شده و حد بالا ۳٫۶۲۱ و حد پایین ۰٫۰۶۳ به دست آمد. در این صورت، dr های بین ۳٫۶۲۱ و ۰٫۰۶۳ هماهنگ بوده و گزینه‌هایی که خارج از این محدوده تعیین شده قرار می‌گیرند، حذف می‌شوند. برای تعیین الگوی گزینه‌ها (Cio) در این مرحله فاصله هر یک از گزینه‌ها از مقدار ایده‌آل (DO_j) را محاسبه کرده که نتایج در جدول ۱۳ نشان داده شده است و همان‌گونه که اشاره شد فاصله کم از ایده‌آل باعث قرارگیری در رتبه بالاتر آن گزینه می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: فاکتورهای موثر کارخانه زغالشویی البرز شرقی بر محیط زیست و دامنه مقادیر برای هر فاکتور

	فاکتورهای مؤثر	دامنه تعریف
۱	تغییر در کاربری منطقه	کاربری اراضی منطقه قبل از فعالیت صنعتی
۲	وضعیت رویت محدوده صنعتی	وضعیت رویت محدوده واحد صنعتی
۳	تماس با آب‌های سطحی	نحوه ارتباط فعالیت‌های معدنی و صنعتی با آب‌های سطحی
۴	پساب‌های خروجی	۱- محل تخلیه پساب‌های واحد کارخانه ۲- غلظت مواد بر حسب میلی‌گرم در لیتر در پساب خروجی
۵	افزایش در ترافیک منطقه	تاثیر فعالیت صنعتی در ترافیک منطقه
۶	انتشار گرد و غبار	وضعیت انتشار گرد و غبار در بخش‌های مختلف کارخانه ۱- بارگیری، ۲- حرکت کامیون در جاده، ۳- گرد و غبارهای تولیدی از دپوهای باطله و کانسنگ در اثر وزش باد
۷	انتشار گازهای سمی در هوا	غلظت مواد در محیط کارخانه بر حسب ppm
۸	آلودگی صوتی	سطح صدا در محیط کار بر اثر عملکرد دستگاه‌ها و ماشین‌آلات به صورت کیفی و کمی
۹	لرزش زمین	۱- میزان لرزش زمین در محل تاسیسات مهم یا محل تجمع کارگران (mm/s) ۲- میزان لرزش در سطح زمین با توجه به فاصله تاسیسات و مناطق حساس
۱۰	مواد موجود در باطله	سطح آلودگی مواد موجود در باطله
۱۱	روش دفع مواد باطله	۱- روش دفع مواد باطله ۲- مطالعات زمین شناسی احداث محل دپوی باطله ۳- کنترل در هنگام بهره‌برداری از محل، حصارکشی و علامت‌گذاری پیرامون دمپ‌های باطله
۱۲	کنترل جمعیت	جمعیت قبل و بعد از ایجاد واحد صنعتی و کنترل مهاجر پذیری
۱۳	نور	شدت روشنایی بر حسب لوکس در محل کار
۱۴	آب و هوای منطقه	وضعیت آب و هوای منطقه (مانند: مرطوب، بارانی، خشک و نظایر آن)
۱۵	توپوگرافی منطقه	وضعیت توپوگرافی منطقه از نظر هموار بودن یا ناهموار بودن
۱۶	تشکیلات زمین‌شناسی منطقه	نوع تشکیلات و سازندهای زمین‌شناسی منطقه
۱۷	روش زغالشویی	روش شستن زغال از نظر فرآوری مانند جیگ یا فلوتاسیون یا هر دو

جدول ۴: مولفه های محیط زیستی تحت تأثیر فاکتورهای مؤثر کارخانه زغالشویی البرز شرقی

۱	سلامتی و ایمنی انسان	۷	اکولوژی
۲	مسایل اجتماعی	۸	کشاورزی
۳	آب‌های سطحی	۹	چشم انداز منطقه
۴	آب‌های زیر زمینی	۱۰	آرامش صوتی
۵	کیفیت هوا	۱۱	مسائل اقتصادی
۶	کاربری منطقه	۱۲	خاک منطقه

جدول ۵: طیف امتیاز دهی ریسک‌های مختلف به ازای معیارهای ارزیابی

تعریف	خیلی کم (VL)	کم (L)	کم متوسط (ML)	متوسط (M)	متوسط زیاد (MH)	زیاد (H)	خیلی زیاد (VH)
امتیاز (شدت)	0	1	3	5	7	9	10

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶: مقادیر کیفی نظرات خبرگان به ازای ریسک‌های مختلف برای مولفه اول

C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	ریسک های محیط زیستی	
M	MH	L	ML	M	H	M	H	R1	تغییر در کاربری منطقه
H	M	M	L	MH	H	L	H	R2	وضعیت رویت محدوده صنعتی
H	M	H	MH	M	VH	VH	H	R3	تماس با آب‌های سطحی
MH	MH	H	MH	H	H	VH	VH	R4	پساب‌های خروجی
ML	H	VH	M	MH	H	VH	H	R5	افزایش در ترافیک منطقه
L	M	VH	M	VH	VH	VH	VH	R6	انتشار گرد و غبار
L	L	M	L	M	ML	M	H	R7	انتشار گازهای سمی و انتشار به هوا
ML	M	VH	M	VH	VH	H	VH	R8	آلودگی صوتی
ML	M	H	ML	H	H	VL	H	R9	لرزش زمین
M	M	MH	H	H	MH	VH	MH	R10	مواد موجود در باطله
H	H	VH	VH	VH	H	VH	H	R11	روش دفع مواد باطله
M	MH	H	M	L	L	VL	VL	R12	کنترل جمعیت
H	H	H	H	H	H	VH	H	R13	نور
L	M	H	ML	ML	M	ML	M	R14	آب و هوای منطقه
VL	M	M	M	H	H	VL	VH	R15	توپوگرافی منطقه
VL	M	M	L	H	VH	VL	VH	R16	نوع تشکیلات زمین‌شناسی منطقه
MH	H	H	H	H	VH	MH	H	R17	روش زغالشویی

جدول ۷: مقادیر کمّی نظرات خبرگان به ازای ریسک‌های مختلف برای مولفه اول

C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
5	7	1	3	5	9	5	9	R1
9	5	5	1	7	9	1	9	R2
9	5	9	7	5	10	10	9	R3
7	7	9	7	9	9	10	10	R4
3	9	10	5	7	9	10	9	R5
1	5	10	5	10	10	10	10	R6
1	1	5	1	5	3	5	9	R7
3	5	10	5	10	10	9	10	R8
3	5	9	3	9	9	0	9	R9
5	5	7	9	9	7	10	7	R10
9	9	10	10	10	9	10	9	R11
5	7	9	5	1	1	0	0	R12
9	9	9	9	9	9	10	9	R13
1	5	9	3	3	5	3	5	R14
0	5	5	5	9	9	0	10	R15
0	5	5	1	9	10	0	10	R16
7	9	9	9	9	10	7	9	R17

جدول ۸: محاسبه میانگین و انحراف معیار داده‌ها (جدول ۷) به ازای هر کدام از معیارها

C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
4.529	6.059	7.706	5.176	7.412	8.118	5.882	8.412	میانگین
3.338	2.135	2.592	2.963	2.694	2.643	4.343	2.501	انحراف معیار

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹: محاسبه ماتریس استاندارد

C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
0.141	0.441	-2.587	-0.735	-0.895	0.334	-0.203	0.235	R1
1.339	-0.496	-1.044	-1.410	-0.153	0.334	-1.124	0.235	R2
1.339	-0.496	0.499	0.615	-0.895	0.712	0.948	0.235	R3
0.740	0.441	0.499	0.615	0.590	0.334	0.948	0.635	R4
-0.458	1.378	0.885	-0.060	-0.153	0.334	0.948	0.235	R5
-1.057	-0.496	0.885	-0.060	0.961	0.712	0.948	0.635	R6
-1.057	-2.369	-1.044	-1.410	-0.895	-1.936	-0.203	0.235	R7
-0.458	-0.496	0.885	-0.060	0.961	0.712	0.718	0.635	R8
-0.458	-0.496	0.499	-0.735	0.590	0.334	-1.354	0.235	R9
0.141	-0.496	-0.272	1.290	0.590	-0.423	0.948	-0.564	R10
1.339	1.378	0.885	1.628	0.961	0.334	0.948	0.235	R11
0.141	0.441	0.499	-0.060	-2.380	-2.693	-1.354	-3.363	R12
1.339	1.378	0.499	1.290	0.590	0.334	0.948	0.235	R13
-1.057	-0.496	0.499	-0.735	-1.638	-1.180	-0.664	-1.364	R14
-1.357	-0.496	-1.044	-0.060	0.590	0.334	-1.354	0.635	R15
-1.357	-0.496	-1.044	-1.410	0.590	0.712	-1.354	0.635	R16
0.740	1.378	0.499	1.290	0.590	0.712	0.257	0.235	R17

جدول ۱۰: تعیین عدد ایده‌آل مثبت و منفی داده‌ها به ازای هر کدام از معیارها

C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
-1.357	-2.369	-2.587	-1.410	0.961	-2.693	0.948	0.635	DO_j

جدول ۱۱: فاصله مرکب بین گزینه‌ها

R17	R16	R15	R14	R13	R12	R11	R10	R9	R8	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	
4.17	3.13	3.11	4.18	4.41	5.97	4.97	3.88	3.78	4.28	4.16	4.46	3.95	3.92	3.89	2.56	0.00	R1
4.02	2.86	3.14	3.98	4.25	5.80	4.69	3.92	2.58	3.70	3.98	4.14	4.07	3.57	3.39	0.00	2.56	R2
2.65	4.63	4.23	4.11	2.51	5.90	2.88	2.57	3.56	2.74	4.91	3.16	2.84	1.93	0.00	3.39	3.89	R3
1.45	4.15	3.66	4.45	1.36	6.33	1.65	2.07	3.10	1.80	5.14	2.23	1.91	0.00	1.93	3.57	3.92	R4
2.14	4.00	3.75	3.76	2.40	5.81	2.71	2.97	3.16	2.26	5.19	2.33	0.00	1.91	2.84	4.07	3.95	R5
3.08	3.33	3.06	4.19	3.42	6.82	3.52	2.73	2.59	0.64	4.58	0.00	2.33	2.23	3.16	4.14	4.46	R6
6.03	3.78	3.78	3.20	6.18	5.53	6.53	4.39	3.92	4.57	0.00	4.58	5.19	5.14	4.91	3.98	4.16	R7
2.73	3.28	3.02	4.15	3.03	6.66	3.15	2.54	2.31	0.00	4.57	0.64	2.26	1.80	2.74	3.70	4.28	R8
3.43	1.99	1.95	3.26	4.02	5.71	4.23	3.40	0.00	2.31	3.92	2.59	3.16	3.10	3.56	2.58	3.78	R9
2.62	4.26	3.46	3.86	2.60	5.51	2.78	0.00	3.40	2.54	4.39	2.73	2.97	2.07	2.57	3.92	3.88	R10
1.17	5.43	4.79	5.40	0.63	6.62	0.00	2.78	4.23	3.15	6.53	3.52	2.71	1.65	2.88	4.69	4.97	R11
6.25	6.61	6.28	3.18	6.35	0.00	6.62	5.51	5.71	6.66	5.53	6.82	5.81	6.33	5.90	5.80	5.97	R12
0.99	5.10	4.52	5.08	0.00	6.35	0.63	2.60	4.02	3.03	6.18	3.42	2.40	1.36	2.51	4.25	4.41	R13
4.77	3.99	3.83	0.00	5.08	3.18	5.40	3.86	3.26	4.15	3.20	4.19	3.76	4.45	4.11	3.98	4.18	R14
3.87	1.40	0.00	3.83	4.52	6.28	4.79	3.46	1.95	3.02	3.78	3.06	3.75	3.66	4.23	3.14	3.11	R15
4.51	0.00	1.40	3.99	5.10	6.61	5.43	4.26	1.99	3.28	3.78	3.33	4.00	4.15	4.63	2.86	3.13	R16
0.00	4.51	3.87	4.77	0.99	6.25	1.17	2.62	3.43	2.73	6.03	3.08	2.14	1.45	2.65	4.02	4.17	R17

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۲: تعیین کمترین فاصله بین گزینه‌ها

0.633	R13		3.200	R7		2.559	R1
3.175	R14		0.642	R8		2.559	R2
1.402	R15		1.950	R9		1.935	R3
1.402	R16		2.073	R10		1.361	R4
0.990	R17		0.633	R11		1.905	R5
			3.175	R12		0.642	R6
جمع کوتاه‌ترین فواصل: 30.237			میانگین کوتاه‌ترین فواصل: 1.779			انحراف معیار کوتاه‌ترین فواصل: 0.929	

جدول ۱۳: تعیین فاصله گزینه‌ها از مقادیر ایده‌آل معیارهای مختلف (DO1 تا DO8)

DO8	DO7	DO6	DO5	DO4	DO3	DO2	DO1	
2.24	7.90	0.00	0.46	3.44	9.16	1.33	0.16	R1
7.27	3.51	2.38	0.00	1.24	9.16	4.29	0.16	R2
7.27	3.51	9.52	4.10	3.44	11.60	0.00	0.16	R3
4.40	7.90	9.52	4.10	0.14	9.16	0.00	0.00	R4
0.81	14.04	12.05	1.82	1.24	9.16	0.00	0.16	R5
0.09	3.51	12.05	1.82	0.00	11.60	0.00	0.00	R6
0.09	0.00	2.38	0.00	3.44	0.57	1.33	0.16	R7
0.81	3.51	12.05	1.82	0.00	11.60	0.05	0.00	R8
0.81	3.51	9.52	0.46	0.14	9.16	5.30	0.16	R9
2.24	3.51	5.36	7.29	0.14	5.15	0.00	1.44	R10
7.27	14.04	12.05	9.23	0.00	9.16	0.00	0.16	R11
2.24	7.90	9.52	1.82	11.16	0.00	5.30	15.98	R12
7.27	14.04	9.52	7.29	0.14	9.16	0.00	0.16	R13
0.09	3.51	9.52	0.46	6.75	2.29	2.60	4.00	R14
0.00	3.51	2.38	1.82	0.14	9.16	5.30	0.00	R15
0.00	3.51	2.38	0.00	0.14	11.60	5.30	0.00	R16
4.40	14.04	9.52	7.29	0.14	11.60	0.48	0.16	R17

در آخرین مرحله ابتدا حد بالای توسعه یافتگی را با توجه به رابطه ۸ تعیین کرده (Co = ۷٫۸۹۴) سپس به منظور رتبه‌بندی میزان توسعه یافتگی گزینه‌ها، شاخص (Fi) را مطابق رابطه ۷ محاسبه کرده و با توجه به این‌که این شاخص بین صفر و یک است، هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان دهنده بحرانی‌تر بودن ریسک مربوط بوده و باعث قرار گرفتن در رتبه بالاتر (نزدیک به یک) برای ریسک می‌شود و برعکس هر چه این شاخص برای یک ریسک، به عدد یک نزدیک‌تر باشد بیانگر قرار گرفتن در رتبه پایین‌تر است. نتایج این محاسبات در جدول ۱۴ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ۱۴ مشاهده می‌شود کمترین مقدار شاخص (F_i) مربوط به R7 است که رتبه اول را به خود اختصاص داده است.

در ادامه، این مراحل برای داده‌های مربوط به سایر مولفه‌ها انجام شده است اما به دلیل حجم زیاد جداول، از ارایه آن‌ها خودداری کرده و نتایج رتبه‌بندی هر کدام از ریسک‌های ۱۷ گانه بر اساس ۸ معیار پیشنهادی برای ارزیابی ریسک‌ها و با استفاده از روش تحلیل تاکسونومی در جدول ۱۵ نشان داده شده است. به عنوان مثال در مولفه‌های «کاربری منطقه»، «مسایل اجتماعی»، «آب‌های سطحی» و «آب‌های زیرزمینی» به ترتیب ریسک‌های R2، R12، R16 و R1 رتبه اول را به خود اختصاص داده و به عنوان بحرانی‌ترین ریسک‌ها در مولفه‌های یاد شده معرفی شدند. همان‌طور که مشاهده می‌شود ریسک‌ها در هر کدام از مولفه‌های مورد تاثیر رتبه‌های مختلفی را کسب کرده‌اند، بنابراین در هر مولفه متناسب با رتبه‌های به‌دست آمده باید برنامه‌ریزی برای کنترل ریسک‌ها و اقدامات پاسخ‌دهی مناسب و به موقع به آن‌ها انجام گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۴: تعیین میزان توسعه یافتگی و رتبه‌بندی ریسک‌ها

گزینه‌ها	*Cio*	*Fio*	رتبه	گزینه‌ها	*Cio*	*Fio*	رتبه
R1	4.969	0.629	4	R10	5.013	0.635	5
R2	5.293	0.670	6	R11	7.205	0.913	16
R3	6.293	0.797	13	R12	7.344	0.930	17
R4	5.935	0.752	11	R13	6.898	0.874	14
R5	6.268	0.794	12	R14	5.405	0.685	9
R6	5.392	0.683	8	R15	4.724	0.598	2
R7	2.824	0.358	1	R16	4.788	0.606	3
R8	5.463	0.692	10	R17	6.901	0.874	15
R9	5.391	0.683	7				

جدول۱۵: نتایج رتبه‌بندی ریسک‌ها در هر مولفه محیط زیستی

	کاربری منطقه	سلامتی انسان	مسائل اجتماعی	آب‌های سطحی	آب‌های زیرزمینی	کیفیت هوا	کشاورزی	اکولوژی	چشم انداز	آرامش	مسائل اقتصادی	خاک منطقه
R1	13	4	10	16	1	8	3	7	15	1	1	16
R2	1	6	11	6	11	10	4	1	6	10	8	6
R3	8	13	3	13	4	7	7	8	3	13	14	17
R4	14	11	4	12	14	1	12	15	14	17	11	11
R5	16	12	5	15	16	13	14	14	13	16	17	9
R6	6	8	16	9	13	15	15	9	5	2	9	10
R7	15	1	7	14	5	16	16	16	11	4	5	4
R8	2	10	12	3	8	4	8	2	2	11	7	8
R9	9	7	15	4	7	5	9	3	10	3	13	12
R10	10	5	9	8	9	14	13	12	12	12	12	15
R11	17	16	14	17	17	17	17	17	17	9	15	14
R12	5	17	1	2	6	3	6	11	7	7	2	5
R13	11	14	17	7	10	9	11	13	1	8	4	7
R14	4	9	2	10	12	12	5	5	9	5	3	3
R15	3	2	13	5	2	6	2	6	8	6	6	1
R16	7	3	6	1	3	2	1	4	4	14	10	2
R17	12	15	8	11	15	11	10	10	16	15	16	13

همچنین تفاوت اصلی نتایج رویکرد پیشنهادی در این تحقیق با دیگر روش‌های ارزیابی محیط زیستی مانند روش معروف و پرکاربرد فولچی در این است که در رویکرد پیشنهادی علاوه بر امکان ارزیابی کلی ریسک‌ها، امکان ارزیابی و رتبه‌بندی جزیی و تک تک هر کدام از ریسک‌ها در هر مولفه محیط زیستی فراهم شده است. در حالی که در روش فولچی تنها در هر مولفه میزان اثر کلی ریسک‌ها به صورت درصد بیان می‌شود و اثر تک تک ریسک‌ها به صورت جزیی تحلیل نمی‌شود از این رو نتایج رویکرد پیشنهادی دقیق‌تر، جامع‌تر و قابلیت تحلیل بیشتری دارد و امکان برنامه‌ریزی دقیق‌تر و واقع بینانه‌تری را فراهم می‌آورد.

۵- نتیجه‌گیری

عملیات معدنکاری و دیگر فعالیت‌ها و صنایع وابسته به مواد معدنی در ارتباط نزدیک و مستقیم با محیط زیست قرار دارند. تاثیرات محیط زیستی این صنایع باید به گونه‌ای کنترل شود که کمترین ریسک را بر روی محیط زیست داشته باشد. فقدان یا مدیریت ناقص ریسک‌های محیط زیستی منجر به پیامدهای

www.SID.ir

Archive of SID

منفی و گاه جبران‌ناپذیری بر محیط زیست می‌شود. رتبه‌بندی ریسک‌ها از ارکان اصلی مدیریت ریسک بوده و امکان ارایه پاسخ مناسب و به‌موقع به ریسک‌ها را فراهم می‌کند. در این تحقیق ضمن شناسایی ۱۷ عامل مخاطره‌آمیز (ریسک) محیط زیستی ناشی از کارخانه زغالشویی البرز شرقی و معرفی ۸ معیار برای ارزیابی، ارزیابی ریسک‌ها با استفاده از روش تحلیل تاکسونومی انجام شد و ریسک‌ها در ۱۲ مولفه محیط زیستی تحت تاثیر رتبه‌بندی شدند، اما با توجه به تعدد ریسک‌های موجود و همچنین وجود محدودیت‌های متعدد، امکان ارایه پاسخ همزمان به کلیه ریسک‌ها وجود ندارد، بنابراین باید بر مبنای رتبه‌بندی به‌دست آمده برای ریسک‌ها، تمهیدات لازم را به‌کار گرفت و به منظور کاهش زیان ناشی از آن‌ها برنامه‌ریزی لازم را به عمل آورد و در واقع پاسخ‌دهی به ریسک‌های بحرانی و انجام اقدامات کنترلی برای آن‌ها را در اولویت قرار داد. از این رو استفاده از روش تحلیل تاکسونومی به دلیل منطق حاکم بر این روش، نتایج قابل اعتمادی ارایه داده و رتبه‌بندی ریسک‌ها با این روش بر اساس میزان بحرانی بودن و نزدیکی تاثیر و تاثرات ریسک‌ها انجام می‌گیرد. این اعتبار به‌واسطه امکان در نظر گرفتن هم‌زمان چندین شاخص، تبادل بین شاخص‌ها انعطاف‌پذیری روش و نیز تحلیلی بودن نتایج آن است.

۶- مراجع

[1] Ghosh, S., and Jintanapakanont, J. (2004). *"Identifying and assessing the critical risk factors in an underground rail project in Thailand: a factor analysis approach"*. International Journal of Project, 22(8): 633-643.

[2] Folchi, R. (2003). *"Environmental impact statement for mining with explosives: a quantitative method"*. In: I.S.E.E 29th Annual Conference Explosives and Blasting Technique, February 2–5, Northville, Tennessee, U.S.A..

[3] Bertolinia, M., Bevilacquab, M., Ciarapicab, F. E., and Giacchettab, G. (2009). *"Development of Risk-Based Inspection and Maintenance procedures for an oil refinery"*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22(2): 244–253.

[4] Favasa, P. J. C., and Pratasb, J. (2014). *"Uranium Bioavailability and Environmental Risk Assessment in Soils Contaminated by Mining"*. IERI Procedia (ScienceDirect), 9: 43–46.

[5] Rebelo, A., Ferra, I., Gonçalvesb, I., and Marquesb, A. M. (2014). *"A Risk Assessment Model for Water Resources: Releases of dangerous and hazardous substances"*. Journal of Environmental Management, 140(1): 51–59.

[6] Wang, Y., Cheng, G., Hu, H., and Wu, W. (2012). *"Development of a risk-based maintenance strategy using FMEA for a continuous catalytic reforming plant"*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 25(6): 958–965.

[7] Laul, J. C., Simmons, F., Goss, J. E., Boada-Clista, L. M., Vrooman, R. D., Dickey, R. L., Spivey, S. W., Stirrup, T., and Davis, W. (2006). *"Perspectives on chemical hazard characterization and analysis process at DOE"*. Journal of Chemical Health and Safety, 13(4): 6–39.

[8] Shahriar, A., Sadiq, R., and Tesfamariam, S. (2012). *"Risk analysis for oil & gas pipelines: A sustainability assessment approach using fuzzy based bow-tie analysis"*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 25(3): 505–523.

[9] Hong, E. S., Lee, I. M., Shin, H. S., Nam, S. W., and Kong, J. S. (2009). *"Quantitative risk evaluation based on event tree analysis technique: Application to the design of shield TBM"*. Tunneling and Underground Space Technology, 24(3): 269–277.

[10] Chapman, C. B., and Ward, S. C. (2003). *"Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights"*. John Wiley, Second edition, UK: Chichester.

[11] Pomerol, J. C., and Romero, S. B. (2000). *"Multi-criterion decision in management: Principles and practice"*. Kluwer Academic, Dordrecht, Netherlands.

[12] Saaty, T. L., and Vargas, L. G. (2006). "Decision making with the analytic network process: economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks". Springer, New York.

[۱۳] جوزی، س. ع.؛ صفاریان، ش.؛ ۱۳۹۰؛ "**تجزیه و تحلیل ریسک های محیط زیستی نیروگاه گازی آبادان با استفاده از روش TOPSIS**"، محیط شناسی، دوره ۳۷، شماره ۵۸، ص ۵۳-۶۶ .

[۱۴] جوزی، س. ع.؛ ابراهیمی، م.؛ ۱۳۹۳؛ "**ارزیابی ریسک محیط زیست طرح توسعه راه آهن غرب کشور به روش تلفیقی تصمیم گیری چند معیاره و YAPP**"، دو فصلنامه پژوهشهای محیط زیست، دوره ۵، شماره ۹، ص ۸۷-۱۰۲.

[۱۵] جوانمردی، م.؛ علیزاده، پ.؛ راد درویش، ع.؛ کشایی، س.؛ ۱۳۹۲؛ "**رتبه‌بندی حوزه های مختلف ریسک زیست محیطی و سلامت انسان در فناوری نانو با استفاده از روش Topsis و AHP در محیط فازی**"، نشریه مدیریت شهری، دوره ۱۱ ، شماره۳۱، ص ۳۳۵-۳۵۵.

[۱۶] جوزی، س. ع.؛ منوری، س. م.؛ خسروانی، ه.؛ ۱۳۹۲؛ "**ارزیابی ریسک محیط زیستی سد رودبار لرستان در مرحله ساختمانی به روش تلفیقی تصمیم گیری چند شاخصه و مدل RAM- D**"، دو فصلنامه پژوهش‌های محیط زیست، دوره ۳، شماره ۶، ص ۳-۱۶.

[۱۷] رضایان، س.؛ ایرانخواهی، م.؛ جوزی، س. ع.؛ ۱۳۹۳؛ "**ارایه الگوی**

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی ریسک زیست محیطی پروژه های انتقال گاز به روش های سامانه شاخص گذاری و AHP (مطالعه موردی: پروژه انتقال گاز ۲۴ اینچ تسوج– سلماس)"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۶، شماره ۳، ص ۱۱-۲۳.

[۱۸] فضل‌الله، آ.؛ محمدفام، ا.؛ حاجی‌پروانه، م.؛ امیدواری، م.؛ ۱۳۹۳؛ "**ارایه روشی برای ارزیابی ریسک‌های بهداشتی، ایمنی و محیط زیست با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: ساخت نیروگاه)**"، بهداشت و ایمنی کار، دوره ۴، شماره ۱، ص ۶۴-۵۵.

[19] Ghaedrahmati, R., and Doulati Ardejani, F. (2012). *"Environmental impact assessment of coal washing plant (Alborz- Sharghi –Iran)"*. Journal of Mining & Environment, 3(2): 69-77.

[20] Azar, A., and Rajabzadeh, A. (2002). *"Applied decision making (Eds.)"*. Negahe Danesh, Publisher: Tehran.

[21] Asgarpour, M. J. (2008). *"Multiple criteria decision making"*. University of Tehran Press, 8rd edition.

[22] McDermott, R. E., Mikulak, R. J., and Beauregard, M. R. (1996). *"The basics of FMEA"*. Quality Resources, New York.

[23] Klein, J. H., and Cork, R. B. (1998). *"An approach to technical risk assessment"*. International Journal of Project Management, 16(6): 345-351.

[24] Waterland, L. R., Venkatesh, S., and Unnasch, S. (2003). *"Safety and Performance Assessment of Ethanol/Diesel Blends (E-Diesel)"*. Cupertino, California.

[25] Baccarini, D., and Archer, R. (2001). *"The risk ranking of projects: a methodology"*. International Journal of Project Management, 19(3): 139-145.

[26] Pertmaster Software Tutorial, (2002). Pertmaster Project Risk v7.5: Tutorial, manual and help. Available on: http://www.pertmaster.com.

[27] Xu, L., and Liu, G. (2009). *"The study of a method of regional environmental risk assessment"*. Journal of environmental assessment, 90(11): 3290-3296.

www.SID.ir