Archive of SID

ارائه مدل ترکیبی جهت ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی استان مازندران با استفاده از روش‌های دیماتل و تابع زیان تاگوچی

- **امیررضا ولیانی**: گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
- **ناصر فقهی‌فرهمند***: گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
- **سلیمان ایران‌زاده**: گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

چکیده

ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی (EAR) را می‌توان به‌عنوان یکی از ابزارهای مهم تحقق توسعه پایدار دانست. هدف از انجام این تحقیق شناسایی انواع ریسک‌های زیست محیطی استان مازندران و ارائه یک مدل ترکیبی به‌منظور ارزیابی و اولویت بندی آن‌ها می‌باشد که در نتیجه آن می‌توان مخاطرات زیست‌محیطی را به‌نحو مطلوب‌تری مدیریت نمود. در این تحقیق از نظرات ۹ نفر از مدیران با تجربه اداره حفاظت محیط زیست استان مازندران و اساتید برجسته دانشگاهی در این حوزه به‌عنوان خبره استفاده و ساختار شکست ریسک‌های زیست‌محیطی در سه سطح تعریف گردید. سپس با استفاده از تکنیک دیماتل اهمیت دسته‌های ریسک و وزن آن‌ها تعیین شد. در مرحله بعد معیارهای مختلفی جهت ارزیابی ریسک‌ها مشخص و تعریف گردید که براساس روش تابع زیان تاگوچی، هر ریسک در هر معیار مورد ارزیابی قرار گرفت و امتیاز زیان آن‌ها محاسبه شد. براساس نتایج به‌دست آمده دسته‌های ریسک فرهنگی، فیزیکوشیمیایی و اقتصادی از اهمیت بیش‌تری برخوردار بوده و بر سایر دسته‌های ریسک تأثیرگذار می‌باشند. هم‌چنین پساب شهری و صنعتی، آفت و بیماری گیاهی و جانوری، برداشت بی‌رویه منابع جنگلی و معدنی، تخلیه و دفع پسماندها و ... به‌ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین ریسک‌های زیست‌محیطی ارزیابی گردید.

کلمات کلیدی: ریسک‌های زیست‌محیطی، ارزیابی ریسک، دیماتل، تابع زیان تاگوچی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: farahmand@iaut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه شاهد تخریب و پسرفت‌های رو به افزایش محیط زیست می‌باشیم که ناشی از فعالیت‌های انسانی و غیرانسانی بوده و موجب بروز اثرات گوناگون مخرب بر محیط‌زیست انسان و سایر موجودات زنده شده که متعاقب آن حیات آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار داده است (سرخیل و همکاران، ۱۳۹۳). رشد صنایع گوناگون نیز نقش به‌سزایی داشته به‌طوری‌که در حدود ۷۰۰۰۰ ماده شیمیایی توسط فرآیندهای گوناگون صنعتی تولید می‌گردد که بیش‌تر آن‌ها سمی بوده و سلامت موجودات‌زنده‌وزیست‌بوم‌هارا دچار مخاطره می‌کند(Topuz و همکاران، ۲۰۱۱). رشته کوه‌های البرز، سد بزرگی هستند که نمی‌گذارند ابرهای برخاسته از دریای‌خزر به آن‌سوی فلات‌ایران بروند. بیش‌تر این ابرهای باران‌زا به رشته کوه البرز می‌خورند و برمی‌گردند و در حاشیه شمالی این رشته کوه‌ها زیاد و مستمر می‌بارند. آن‌قدر که سبب رویش گیاهان و پوشش جنگلی فراوانی شده‌اند و محیط مناسبی برای حیات وحش درست کرده‌اند. این آب و هوای همیشه بارانی و مرطوب تنوع زیست محیطی خوبی را پدید آورده است که حیوانات مختلفی می‌توانند در آن زندگی کنند و این امر خطه شمالی کشور را جزو مهم ترین زیستگاه‌های گیاهی و جانوری کشور قرارداده است. بیش از ۴۹۰ گونه جانوری از رده‌های مختلف مهره‌داران اعم از پرندگان، پستانداران، خزندگان، دوزیستان و ماهی‌ها در استان مازندران مورد شناسایی قرار گرفته‌است. پرندگان با۳۱۷ گونه‌از ۵۸ خانواده در ۱۷ راسته، پستانداران با ۶۳ گونه و ۱۹ خانواده از ۶ راسته، دوزیستان با ۹ گونه از ۶ جنس و ۶ خانواده، خزندگان با ۲۶ گونه از ۲۱ جنس و ۱۱ خانواده و ماهی‌ها با ۷۵ گونه ازجمله گونه‌های جانوری هستند که در اکوسیستم طبیعی مازندران زندگی می‌کنند (https://www.isna.ir/news/94033117575). عدم توجه به این مخاطرات منجربه حذف‌تدریجی گونه‌های‌جانوری و گیاهی خواهد گردید، لذا توجه به ریسک‌های زیست‌محیطی‌و ارزیابی آن‌ها جهت اخذ تصمیمات مدیریتی بهینه و کمک به کاهش اثرات مخرب آن‌ها در این حوزه ضروری به‌نظر می‌رسد. ارزیابی‌ریسک‌زیست محیطی (ERA=Environmenta Risk Assessment) به‌عنوان فرآیند دانش محوری است که به بررسی اثرات فعالیت‌های متنوع انسانی و یا طبیعی را بر سلامت موجودات زنده، توسعه اقتصادی- اجتماعی، اکولوژی و متعاقب آن فرآیندهای مدیریتی و تصمیم‌گیری به‌منظور کاهش ریسک‌های محیط‌زیستی می‌پردازد (Liua و همکاران، ۲۰۱۲). ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی به‌عنوان یک ابزار مهم در مدیریت محیط‌زیست به‌منظور کاهش مخاطرات در اکوسیستم‌ها و دستیابی به توسعه‌پایدار تلقی شده و امروزه در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های کشورهای مختلف جهان مورد توجه می‌باشد (جعفری‌آذر و همکاران، ۱۳۹۶). ارزیابی‌ریسک‌زیست‌محیطی‌فرآیندسیستماتیک‌ارزیابی اثرات سوء بالقوه فعالیت‌ها و آلودگی‌های فیزیکی و شیمیایی ناشی از آن‌ها، بر انسان‌ها، گیاهان، جانوران و به‌طورکلی اکوسیستم‌ها است. مطابق این‌تعریف، محیط‌زیست دربرگیرنده‌انسان‌ها، گیاهان، جانوران‌است پس ارزیابی‌ریسک‌زیست‌محیطی‌دربرگیرنده‌ریسک‌های‌ایمنی‌بهداشتی که انسان‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد نیز می‌گردد (Nicolas، ۱۹۹۷). فرایندمدیریت ریسک مؤثر، با ارزیابی مؤثر ریسک‌ها شروع می‌شود و بدون انجام دادن این مرحله، مدیریت ریسک‌ها امکان‌پذیر نیست. هم‌چنین، بسیاری از محققان تأکید کرده‌اند که شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها بدون پاسخگویی به آن‌ها مفید نیست (Hilson، ۱۹۹۹). تکنیک‌های تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک را می‌توان به سه دسته اصلی طبقه‌بندی کرد: الف-کیفی، ب-کمی، ج-تکنیک‌های ترکیبی (کیفی- کمی، نیمه‌کمی). تکنیک‌های کیفی بر مبنای فرایند تخمین تحلیلی و توانایی مهندسان و مدیران ایمنی می‌باشدوغالباً با روش‌های توضیحی منتج به قضاوت کارشناسانه می‌گردد. در عوض تکنیک‌های کمی، ریسک را برمبنای کمیت مدنظر قرار می‌دهد که برمبنای روابط ریاضی به‌کمک داده‌های تصادفی‌واقعی ثبت‌شده‌در محیط کار، تخمین زده‌می‌شود. تکنیک‌های ترکیبی، پیچیدگی زیادی‌را به‌دلیل خصوصیات منحصر به فردشان ایجاد می‌کنند که مانع از گسترش آن‌ها می‌شود (Marhavilas و همکاران، ۲۰۱۱). درروش متداول تحلیل‌ریسک، ریسک به‌عنوان‌تابعی‌ازاحتمال‌و تاثیر تعریف می‌گردد. این دو عامل معیارهای مهمی محسوب می‌شوند، اما رویدادهای نامحتملی وجود دارند که در بسیاری از مواقع اتفاق می‌افتند. بسیاری از رویدادهای محتمل هم در عمل هرگز به وقوع نمی‌پیوندند و بدتر این‌که اتفاقات نامحتمل اغلب با سرعت شگفت‌آوری رخ می‌دهند، لذا احتمال و تاثیر نمی‌توانندهمه ابعاد تحلیل ریسک را پوشش دهند (Deloitte و همکاران، ۲۰۱۲). به‌همین جهت تکنیک‌های متنوعی جهت ارزیابی ریسک مورد مطالعه قرار گرفت. در این میان روش‌های MCDM (Multi Criteria Decision Making) از سهم قابل قبولی برخوردارند، زیرا آن‌ها این امکان را فراهم می‌کنند تا عوامل کیفی و کمی که اغلب در تضاد با یکدیگر هستند با توجه به نظرات مختلف گروه متخصصان مورد توجه قرار گیرد(Certa و همکاران، ۲۰۱۶). هم‌چنین MADM(Multi Attribute Decision Making) فرصتی برای استفاده از معیارهای دقیق و مناسب برای افزایش دقت‌رتبه‌بندی نهایی‌دراختیارقرارمی‌دهد (ابراهیم‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۰). در این تحقیق تلاش گردیده تا یک مدل‌ترکیبی جدید به‌منظور ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی جانوری ناشی از صنایع در استان مازندران ارائه گردیده است. به‌همین جهت ابتدا ریسک‌ها را شناسایی کرده، سپس براساس معیارهای متنوع آن‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی و رتبه‌بندی شدند. برای این منظور استفاده از تکنیک‌های دیماتل (DEMATEL) به‌عنوان یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM) و تابع زیان تاگوچی (Taguchi Loss Function) استفاده می‌گردد. بدیهی است با شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌هایی که محیط زیست جانوری را دچار مخاطره می‌نمایند، می‌توان راهکارهای مناسبی جهت پاسخگویی و مواجهه با آن‌ها درنظر گرفته و با اتخاذ تصمیمات درست، ریسک‌های زیست‌محیطی را به‌نحو مطلوبی مدیریت نمود. مطالعات بسیاری در حوزه ارزیابی ریسک انجام گرفته است که از این میان می‌توان به مطالعه که جهت بررسی قابلیت اعتماد، استفاده، حمایت، توانایی و ترمیم از طریق ارزیابی ریسک در نیروگاه حرارتی آفام توسط Oguji (۲۰۰۷) صورت گرفت اشاره نمود. در این پژوهش از روش‌های آنالیز خطا و اثرات (CCA= Common Cause Analysis) وروش حالات شکست و آثار آن (FMEA=Failure Modes and Effects Analysis) استفاده شد. پژوهشی دیگر جهت ارزیابی ریسک ایمنی و بهداشتی کارخانه فولاد میشینگان توسط Baren (۲۰۰۱) انجام گرفت، در این مطالعه از روش ویلیام فاین استفاده شد و در انتها این روش جهت بررسی ریسک‌های ایمنی، بهداشتی، پیشنهاد شد. Lambert و همکاران (۲۰۰۱) روشی کیفی را برای رتبه‌بندی منابع ریسک‌ها ارائه کرده‌اند. آن‌ها برای این کار از سه شاخص احتمال وقوع، تاثیر بالقوه بر پروژه و کارآمدی و سرعت در مقابله با ریسک استفاده کرده‌اند. Topuz(۲۰۱۱) با استفاده از یک مدل فازی به شناسایی کلیه تهدیدات وارده بر مناطق حفاظت‌شده که به نوعی برکارکردها و خدمات ارائه شده توسط آن‌ها تأثیر می‌گذارد پرداخت. صراحتی و صفائی (۱۳۹۱) پژوهشی باهدف مقایسه روش‌های متنوع ارزیابی ریسک زیست‌محیطی جهت انتخاب بهترین روش در شناسایی خطرات، تخمین پیامدها و احتمال وقوع آن‌ها بر محیط‌زیست (انسان، هوا، آب، خاک، فون و فلور) انجام دادند. در این مطالعه پس از بررسی مزایا، معایب، ویژگی‌ها و کاربرد روش‌های ارزیابی ریسک، ۱۲ روش جهت ارزیابی ریسک زیست محیطی انتخاب شد سپس براساس بررسی‌های کتابخانه‌ای و مطالعات میدانی، معیارهایی کلی (با امتیازدهی ۵-۱ مطابق با نظر کارشناسان) جهت مقایسه روش‌ها درنظر گرفته شدند و نهایتاً روش‌های مذکور بر اساس این ۵ معیار و با توجه به نتایج حاصله از تکنیک دلفی، مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی مستندات، امتیازدهی شدند. سرخیل و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه خود به بررسی و تعامل فرآیندهای متنوع ارزیابی محیط‌زیستی که به‌صورت گسترده در مدیریت محیط‌زیست کاربرد داشته، پرداخته و هدف آن‌ها ارائه راهکارهایی است که به صرفه‌جویی در هزینه، زمان، نیروی انسانی و کاهش اشتباهات و عدم انطباق‌ها در زمینه ارزیابی و حفاظت محیط‌زیست می‌باشد. ازجمله فرآیندهای بررسی شده در مطالعه آنان می‌توان به ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA=Environmental Impact Assessment)، ارزیابی پایدار (SA= Sustainable Assessment)، ارزیابی ریسک سلامت انسان (HHRA=Human Health Risk Assessment) و روش‌های گوناگون ارزیابی ریسک زیست‌محیطی و اکولوژیکی ERA اشاره نمود. عبدی‌پور (۱۳۹۳) با به‌کارگیری روش AHP به ارزیابی ریسک محیط‌زیست در طرح‌های پتروشیمی پرداخت. در این روش به‌منظور اولویت‌بندی اثرات محیط‌زیستی، ابتدا مهم‌ترین آلاینده‌های محیطی براساس وضعیت محیط‌زیست پذیرنده و نیز پیش‌بینی اثرات ناشی از عملیات بهره‌برداری بر هریک از مؤلفه‌ها مشخص گردید. در ادامه آن دسته آلاینده‌های اندازه‌گیری شده که مقادیری بالاتر از حد استاندارد دارند براساس دو معیار: اثر بر محیط طبیعی و آثار بهداشتی دسته‌بندی و براساس مقایسات زوجی به‌روش تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌بندی گردید. هم‌چنین جعفری‌آذر و همکاران (۱۳۹۶) با بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP و TOPSIS به‌ارزیابی ریسک‌های ریسک محیطی تالاب بین‌المللی خورخوران پرداختند و طی آن ۳۳ عامل ریسک در گروه‌های مختلف و براساس سه شاخص شدت اثر، احتمال وقوع و حساسیت محیط پذیرنده اولویت‌بندی گردید.

مواد و روش‌ها

ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و اطلاعاتی که از تحقیقات پیشین استخراج گردیده است به شناسایی ریسک‌های زیست‌محیطی پرداخته شده است. جهت کسب نتیجه مطلوب‌تر و بالا بردن اعتبار نتایج مدل از روش نمونه‌گیری غیراحتمالیِ قضاوتی یا هدفمند در این تحقیق استفاده می‌شود. بدین‌ترتیب که تعداد ۹ نفر به‌عنوان خبره شامل مدیران با سابقه‌کاری بیش از ۱۰ سال در اداره کل حفاظت محیط زیست استان مازندران و اساتید برجسته دانشگاهی که دارای دانش و تجربه کافی درخصوص ریسک‌های زیست‌محیطی این استان را دارند درنظر گرفته شد و از نظرات آن‌ها بمنظور شناسایی ریسک‌ها، معیارهای ریسک و تکمیل پرسشنامه‌های تحقیق استفاده گردید. گام‌های طی شده در این تحقیق به‌قرار زیر می‌باشد:

تعریف ساختار شکست ریسک: در مرحله شناسایی ریسک، روش‌های اصلی عبارتند از: طوفان مغزی، بازنگری سند، تکنیک دلفی، تجزیه و تحلیل چک لیست و تجزیه و تحلیل فرضیات (Lee و همکار، ۲۰۰۹). هم‌چنین در این مرحله وجود یک ساختار نظام‌مند و طبقه‌بندی شده به‌منظور شناسایی ریسک‌ها امری ضروری است. یک روش رایج برای ساختاردهی به طبقه‌بندی‌های ریسک، ساختار شکست ریسک (RBS= Risk Breakdown Structure) است که یک نمایش سلسله مراتبی از منابع بالقوه ریسک می‌باشد (راهنمای گستره دانش مدیریت پروژه، ۱۳۹۶). در این تحقیق نیز پس از جمع‌آوری اطلاعات از روش کتابخانه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

ومصاحبه‌باخبرگان، ساختار شکست ریسک‌های زیست‌محیطی استان مازندران به‌صورت زیر تشکیل شد:

جدول ۱: ساختار شکست ریسک‌های زیست‌محیطی استان مازندران

سطح صفر RBS	سطح یک RBS (دسته‌های ریسک)	سطح دو RBS (ریسک)	شناسه ریسک
منابع ریسک‌های زیست محیطی	بیولوژیکی	کاهش تراکم پوشش گیاهی	R
		چرای غیرمتعارف دام	R2
		آفت و بیماری گیاهی و جانوری	R3
		کاهش زادآوری آبزیان	R4
	فیزیکوشیمیایی	آلودگی نفتی	R5
		پساب شهری و صنعتی	R6
		آلودگی خاک و رسوبات	R7
		ادوات صید غیرمجاز	R8
	فرهنگی	رهاسازی لنج‌ها و قایق‌های فرسوده	R9
		فقدان فرهنگ گردشگری	R10
		بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی	R11
		تخلیه و دفع پسماندها	R12
	اجتماعی	راه‌سازی و جاده‌سازی	R13
		تغییر کاربری اراضی	R14
		تردد وسائط نقلیه	R15
		افزایش بی‌رویه توسعه شهری و روستایی	R16
	اقتصادی	صید غیرمجاز و بی‌رویه	R17
		قاچاق سوخت	R18
		ساخت و احداث اسکله	R19
		صنایع و کارخانجات	R20
		برداشت بی‌رویه منابع جنگلی و معدنی	R21
	طبیعی	آتش‌سوزی جنگل‌ها	R22
		سیل و طغیان آب‌ها	R23
		رسوبگذاری غیرعادی و فرسایش خاک	R24
		ریزش کوه‌ها و رانش زمین	R25

تعیین با اهمیت ترین دسته های ریسک با استفاده از روش دیماتل: تکنیک DEMATEL از انواع روش‌های تصمیم‌گیری بر پایه مقایسات زوجی است. این تکنیک با بهره‌گیری از قضاوت خبرگان در استخراج یک سیستم و ساختاردهی سیستماتیک به آن‌ها، با استفاده از اصول تئوری گراف‌ها، ساختار سلسله مراتبی از عوامل موجود در سیستم را با روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل، عناصر مذکور را به‌دست‌می‌آورد به گونه‌ای که شدت روابط مذکور را به‌صورت امتیازی عددی معین می‌کند (میرغفوری و همکاران، ۱۳۹۱). در این‌جا با بهره‌گیری از این تکنیک به تعیین میزان اهمیت دسته‌های ریسک شناسایی شده در سطح اول ساختار شکست ریسک (RBS) و این‌که کدام دسته متعلق به گروه علت و کدامیک متعلق به گروه معلول می‌باشد، پرداخته می‌شود که از گام‌های زیر تشکیل شده است:

گام۱: تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم (Direct relation matrix): ابتدا به‌منظور سنجش روابط میان معیارها، نیازمند یک مقیاس در چهار سطح می‌باشد:

جدول ۲: مقیاس‌های زبانی

۰	بی‌تاثیر
۱	تاثیر بسیار پائین
۲	تاثیر پائین
۳	تاثیر بالا
۴	تاثیر خیلی بالا

در مرحله بعدی مقایسات زوجی توسط خبرگان انجام می‌شود که‌آن‌را با X نشان داده و نشان‌دهنده شدت اثر حاکم بر رابطه‌های مستقیم موجود در سیستم است و مولفه‌های آن را با i , j نمایش داده و بیانگر درجه تاثیری است که معیار i بر معیار j می‌گذارد. درایه‌های این ماتریس‌در موردروابط مستقیم تأییدنشده صفر و درباره رابطه‌های مستقیم تأیید شده، مقدار میانه امتیازهای کسب شده را داراست. در این گام گراف متناظر با ماتریس X، به‌عنوان گراف اولیه رسم می‌شود، به گونه‌ای که‌رئوس آن همان عوامل تشکیل‌دهنده سیستم‌وکمان‌های آن در جهات رابطه‌های مستقیم موجود بین هر دو عامل از سیستم و شدت اثر هر رابطه مستقیم روی کمان متناظر با آن منظور می‌گردد. بدیهی‌است شدت اثر صفر معرف نبود رابطه مستقیم در مقایسه زوجی است و به‌ازای آن کمانی رسم نمی‌شود.

گام۲: نسبی‌سازی ماتریس ارتباط: ماتریس نسبی شده شدت روابط مستقیم‌حاصل ازماتریس ارتباط X با M نام‌گذاری‌شده‌که نشان‌دهنده شدت اثر نسبی حاکم بر روابط مستقیم موجود در سیستم است و از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود. به‌عبارت‌دیگر جمع سطری درایه‌های ماتریس X محاسبه شده و ماتریس X در " معکوس بیشینه مقدار حاصل جمع‌های سطری به‌دست آمده ضرب می‌گردد.

$$M = X.r \qquad \text{رابطه (۱)}$$

$$r = \max\left(\sum_{j=1}^{n} X_{ij}\right) \quad I,j = 1,2,\ldots,n \qquad \text{رابطه (۲)}$$

به‌عبارت ساده‌تر r بیش‌ترین جمع ردیفی یا سطری ماتریس X می‌باشد.

گام۳: به‌دست آوردن ماتریس ارتباط کل (Total relation matrix): هنگامی‌که ماتریس X یعنی شدت اثر نسبی حاکم بر روابط مستقیم موجود در سیستم محاسبه شد، ماتریس ارتباط کل که نشان‌دهنده شدت اثر نسبی‌حاکم بر روابط مستقیم‌و غیرمستقیم موجوددر سیستم بوده و با S نمایش داده می‌شود، با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود که در آن I ماتریس همانی می‌باشد.

$$S = M + M^2 + M^3 + \ldots + M^t \qquad \text{رابطه (۳)}$$

$$S = \frac{M(I-M^t)}{I-M} + \frac{M}{I-M} = M(I-M)^{-1} \qquad \text{رابطه (۴)}$$

$$\lim_{t\to\infty} M^t = O$$

www.SID.ir

Archive of SID

آثار غیرمستقیم عامل‌های موجود، در طول زنجیره‌های گراف اولیه به‌صورت پیوسته کاهش می‌یابد، لذا این آثار به ماتریس معکوس هم‌گرایی دارند. لذا در محاسبه ماتریس S، از معکوس $(I - M)^{-1}$ استفاده می‌شود.

گام ۴: تولید نمودار علی: مجموع عناصر سطرها یعنی میزان نفوذ عامل بر دیگر عوامل و مجموع و ستون‌ها یعنی میزان تحت نفوذ بودن عمل از سایر عوامل ماتریس T به‌صورت بردارهای D (Dispature) و R (Receiver) نام‌گذاری می‌شوند که از طریق رابطه‌های ۴ و ۶ محاسبه می‌شوند. سپس، محور افقی نمودار از طریق جمع بردارهای R و D، (D+R) محاسبه می‌شود که محور اهمیت (Prominence Axis) نامیده شده نشان‌دهنده درجه اهمیتی است که معیار مربوطه دارا می‌باشد. به‌طور مشابه، محور عمودی نمودار که وابستگی (Relation Axis) نامیده می‌شود و از طریق فرمول (D-R) محاسبه شده که قادر می‌باشد معیارها را به دو گروه علت و معلول تقسیم کند. به‌طورکلی هنگامی‌که (D-R) مثبت است، معیار مربوطه متعلق به گروه علت می‌باشد. در غیراین‌صورت، اگر که (D-R) منفی باشد، معیار مربوطه به گروه معلول تعلق دارد. بنابراین، نمودار علی از طریق رسم نقاطی با مختصات (D-R, D+R) قابل دستیابی است که فراهم کننده اطلاعات ارزشمندی برای تصمیم‌گیری می‌باشد.

رابطه (۵) $T = \left\lfloor t_{ij} \right\rfloor_{n\times n}$ $i,j = ۱,۲, \ldots,n$

رابطه(۶) $D = \left[\sum_{j=۱}^{n} t_{ij}\right]$ $i,j = ۱,۲, \ldots,n$

رابطه (۷) $R = \left[\sum_{i=۱}^{n} t_{ij}\right] = \left[t_{\cdot j}\right]_{n\times ۱}$

به‌طوری‌که بردار D و R، به‌ترتیب بیانگر جمع سطرها و جمع ستون‌های ماتریس ارتباط کل، $T = \left\lfloor t_{ij} \right\rfloor_{n\times n}$ می‌باشند

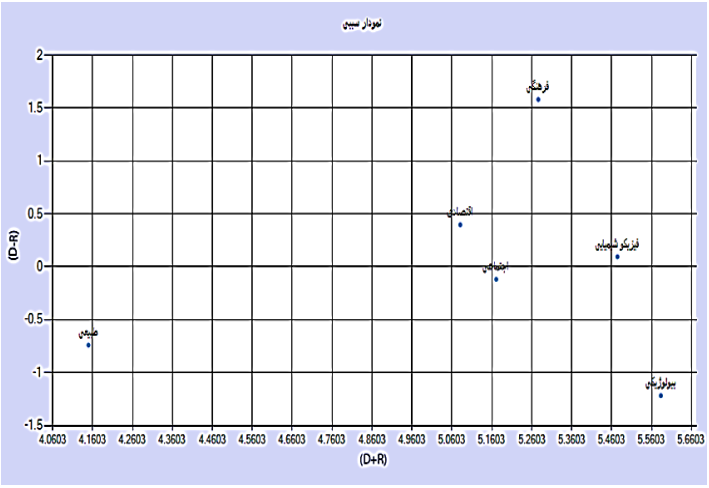
گام پنجم: تولید ماتریس ارتباط داخلی (Inner dependence matrix): در این گام ماتریس ارتباط کل، (T) را نرمالیزه کرده تا ماتریس ارتباط داخلی به‌دست آید. در این حالت مجموع عناصر واقع در هر ستون برابر عدد یک می باشد. زیرا هر از یک از عناصر ستون‌ها بر مجموع عناصر ستون مربوطه تقسیم شده‌اند. نتیجه به‌دست آمده از تکنیک دیماتل برای دسته‌های ریسک (سطح یک ساختار شکست ریسک) در جدول ۳ و نمودار علت و معلول آن در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود دسته‌های ریسک فرهنگی، فیزیکوشیمیایی و اقتصادی به‌دلیل مثبت بودن (D-R) جزو گروه علت هستند و ریسک‌های اجتماعی، بیولوژیکی و طبیعی جزو گروه معلول محسوب می‌شوند. از لحاظ اهمیت نسبی نیز دسته ریسک بیولوژیکی دارای بیش‌ترین مقدار (D+R) می‌باشد. جهت رتبه‌بندی دسته ریسک‌ها باید به (D-R) و (D+R) باهم توجه نمود. باتوجه به‌میزان اهمیت هر یک از دسته‌های ریسک و براساس شاخص (D+R) به‌دست آمده و نرمال‌سازی آن، می‌توان به هر یک از دسته‌های ریسک ارزش وزنی اختصاص داده و به این ترتیب وزن هرکدام از آن‌ها را جهت رتبه‌بندی عوامل ریسک (سطح سه RBS) تعیین نمود.

جدول ۳: نتیجه به‌دست آمده از تکنیک دیماتل

وضعیت	دسته ریسک	مجموع ستونی (D)	مجموع سطری (R)	D+R	D-R	رتبه
علت	فرهنگی	۳/۴۲۹۱	۱/۸۴۷۶	۵/۲۷۶۷	۱/۵۸۱۴	۱
	فیزیکو شیمیایی	۲/۷۸۵۳	۲/۶۸۹۷	۵/۴۷۵۰	۰/۰۹۵۵	۲
	اقتصادی	۲/۷۳۹۴	۲/۳۴۱۸	۵/۰۸۱۲	۰/۳۹۷۶	۳
معلول	اجتماعی	۲/۵۲۶۶	۲/۶۴۴۶	۵/۱۷۱۲	-۰/۱۱۸۰	۴
	بیولوژیکی	۲/۱۸۳۲	۳/۴۰۰۵	۵/۵۸۳۷	-۱/۲۱۷۳	۵
	طبیعی	۱/۷۰۵۵	۲/۴۴۴۸	۴/۱۵۰۳	-۰/۷۳۹۳	۶

جدول ۴: اهمیت وزنی هر یک از دسته‌های ریسک

دسته ریسک	فرهنگی	فیزیکو شیمیایی	اقتصادی	اجتماعی	بیولوژیکی	طبیعی
وزن	۰/۲۲۳۱	۰/۱۸۱۲	۰/۱۷۸۲	۰/۱۶۴۴	۰/۱۴۲۱	۰/۱۱۱۰



شکل ۳: نمودار علت و معلول دسته‌های ریسک

تعیین معیارهای ارزیابی ریسک و رتبه‌بندی ریسک‌ها (سطح سه RBS) با استفاده از روش تابع زیان تاگوچی: براساس مبنای نظری تحقیق، معیارهای متعددی می‌توان برای ارزیابی ریسک درنظر گرفت که رایج‌ترین آن‌ها معیارهای احتمال و تأثیر می‌باشند. دراین تحقیق پس از مشورت با خبرگان معیارهای زیر جهت ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی استان مازندران درنظر گرفته شد: احتمال وقوع ریسک، تأثیر منفی ریسک براهداف شرکت، قابلیت کشف ریسک و قابلیت مدیریت و کنترل‌پذیری ریسک.

www.SID.ir

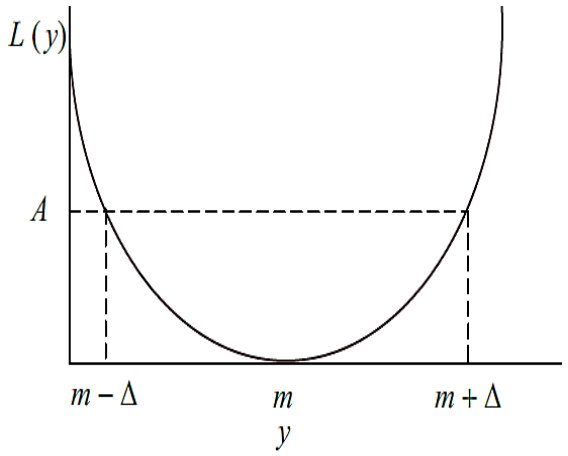
Archive of SID

به‌دلیل وجود معیارهای متعدد برای ارزیابی ریسک و توجه به این موضوع که این معیارها، واحد اندازه‌گیری یکسانی ندارند، از روش تابع زیان تاگوچی برای ارزیابی استفاده‌شده است. تاگوچی بیان می‌کند که انحراف از مقدار هدف یک مشخصه، منجر به بروز یک مقدار زیان می‌شود و کیفیت بالای یک مشخصه هنگامی اتفاق می‌افتد که این انحراف حداقل باشد و هنگامی‌که مقدار مشخصه برابر مقدار هدف باشد، زیان برابر صفر است. در سایر حالات، زیان حاصله به کمک یک تابع درجه دو قابل اندازه گیری است (Bryan Kethley، ۲۰۰۸). در این روش، نتایج ارزیابی در هر معیار به‌صورت زیان نشان داده می‌شود. هم‌چنین به این‌دلیل که تابع زیان، یک تابع غیرخطی و درجه‌دو است، مقدار زیان به‌طور فزاینده‌ای بسته به‌مقدار انحراف از هدف، افزایش می‌یابد. تابع زیان تاگوچی به سه‌نوع اصلی طبقه‌بندی می‌شود: مشخصه‌هایی که هرچه به‌مقدار اسمی (میانه) نزدیک‌تر باشند، بهتر است مشخصه‌هایی که هرچه کوچک‌تر باشند بهتراست، مشخصه‌هایی که هرچه بزرگ‌تر باشند بهتر است. در شکل‌های ۴ تا ۶ انواع تابع زیان و در رابطه‌های ۸ تا ۱۰ روابط آن‌ها نشان داده شده است. مقدار k شیب (ضریب زاویه) تابع زیان را تعیین می‌کند. A میانگین زیان مربوط به کیفیت است، این مقدار هزینه‌های کیفیت نامشهود (پنهان) را برای یک محصول نشان می‌دهد. Δ دامنهٔ انحراف خصوصیت از مقدار هدف را نشان می‌دهد. در آخرین گام برای رسیدن به امتیاز نهایی زیان ریسک‌ها، وزن‌های به‌دست آمده برای هریک از دسته‌های ریسک که در مرحله قبل تعیین گردید را در مقدار زیان ریسک‌ها در هر معیار ضرب کرده و مجموع زیان‌ها برای هر ریسک محاسبه می‌شود (Liao و Kao، ۲۰۱۰):

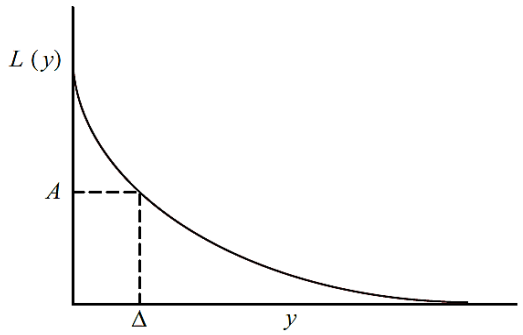
رابطه (۸) $L(y) = k(y-m)^2$

رابطه (۹) $L(y) = k.(y)^2\ ,\ k = A/\Delta^2$

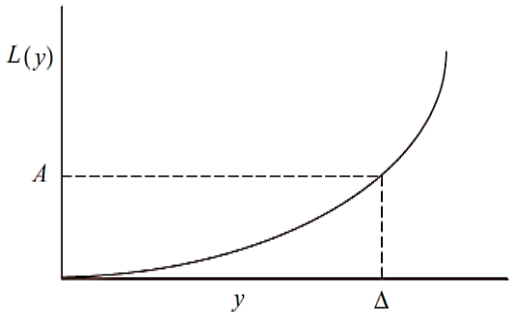
رابطه (۱۰) $L(y) = k/y^2\ ,\ k = A\Delta^2$



شکل ۴: تابع زیان بهترین در مقدار اسمی



شکل ۵: تابع زیان بیش‌تر بهتر



شکل۶: تابع زیان کم‌تر بهتر

نتایج

بر این اساس مقادیر مطلوب و حد آستانه برای هر یک از معیارها براساس نظر خبرگان مشخص گردید. حدآستانه مقداری است که شرکت تا آن میزان انحراف از حد مطلوب مربوط به هر معیار از ریسک را می‌پذیرد. جدول ۵ مقدار مطلوب و حدآستانه معیارها را نشان می‌دهد.

جدول ۵: حد آستانه و ضریب زیان معیارها

معیار	نوع تابع زیان	مقدار مطلوب	حد آستانه	Δ	k
احتمال وقوع ریسک	کم‌تر بهتر	۱	۳	۲	۲۵
شدت اثر ریسک	کم‌تر بهتر	۱	۳	۲	۲۵
قابلیت کشف ریسک	بیش‌تر بهتر	۵	۳	۲	۴۰۰
قابلیت مدیریت و کنترل پذیری ریسک	بیش‌تر بهتر	۵	۳/۵	۱/۵	۲۲۵

مقادیر معیارها در جدول ۵ براساس طیف لیکرت ۱ تا ۵ (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد) تعریف شده است. به‌عنوان‌مثال حد آستانه براساس نظر خبرگان برای معیار قابلیت مدیریت و کنترل‌پذیری مقدار ۳/۵ (بین متوسط و زیاد) و برای معیار شدت اثر ریسک مقدار ۳ (متوسط) درنظر گرفته شده است. برای محاسبهٔ L(y) که همان امتیاز زیان است، ابتدا باید شاخص k را حساب کرد. از رابطهٔ ۱۱ تا ۱۶ برای محاسبات استفاده می‌شود. برای مثال مقادیر k برای معیارهای احتمال وقوع ریسک که تابع آن از نوع کم‌تر بهتر می‌باشد

www.SID.ir

Archive of SID

به‌صورت $k=\Delta/A^2=100\div(2)^2=25$ و برای معیار قابلیت کشف ریسک که تابع آن از نوع بیش‌تر بهتر می‌باشد به‌صورت $k=A\Delta^2=100\times(2)^2=400$ محاسبه گردیده است. در این رابطه میزان زیان A باید متناسب با هر معیار تعیین شود. برای ایجاد همگونی بین معیارها، حداکثر میزان زیان درحد آستانه‌های تعریف‌شده برابر با ۱۰۰ (به‌عنوان ۱۰۰ درصد) درنظر گرفته می‌شود. درواقع اگر قابلیت ریسک که جزو معیارهای بیش‌تر- بهتر است بسیار زیاد (مقدار ۵) باشد، امتیاز زیان آن برابر صفر و درصورتی که قابلیت مدیریت و کنترل‌پذیری ریسکی بین متوسط و زیاد (۳/۵) باشد، امتیاز زیان آن برابر ۱۰۰ می‌باشد. هم‌چنین اگر شدت اثر ناشی از ریسک که جزو معیارهای کم‌تر- بهتر است بسیار کم (مقدار ۱) باشد، امتیاز زیان آن ریسک برابر صفر و درصورتی که شدت اثر ناشی از یک ریسک و متوسط (۳) باشد، امتیاز زیان آن برابر ۱۰۰ می‌باشد. در جداول ۶ و ۷ مراحل محاسبات مربوط به امتیاز زیان ریسک‌ها با استفاده از روابط ۸ تا ۱۰ نشان داده شده است. پس از به‌دست آوردن امتیاز زیان هر ریسک در هر یک از معیارهای ارزیابی ریسک، میانگین امتیاز زیان برای هر ریسک در وزن دسته مربوط به آن ریسک (به‌دست آمده در مرحله قبل براساس روش دیماتل) ضرب شد تا امتیاز زیان موزون ریسک‌ها محاسبه و رتبه‌بندی نهایی براساس آن حاصل گردد. ریسک‌هایی که امیتاز زیان آن‌ها بیش‌تر می‌باشد حائز اهمیت‌تر بوده و در رتبه بالاتری قرار می‌گیرند.

جدول ۶: داده‌های مربوط به هر ریسک در هر یک از معیارها

معیار ریسک	احتمال وقوع ریسک	شدت اثر ریسک	قابلیت کشف ریسک	قابلیت مدیریت و کنترل پذیری ریسک
۱R	۳	۴	۵	۳/۵
۲R	۲	۲	۳	۳/۵
۳R	۲	۱	۵	۴
۵R	۱	۲	۳	۲/۵
۶R	۱/۵	۲	۴	۲
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
۲۳R	۲	۱/۵	۴/۵	۳/۵
۲۴R	۱	۳	۴	۳
۲۵R	۱	۱	۴	۱/۵

جدول ۷: امتیاز زیان هر ریسک در هر معیار

معیار ریسک	احتمال وقوع ریسک	تأثیر منفی بر اهداف شرکت	قابلیت کشف ریسک	قابلیت مدیریت و کنترل‌پذیری ریسک
۱R	۲۵	۲۵	۶۲۵	۳۰۶/۲۵
۲R	۵۶/۲۵	۱۰۰	۲۲۵	۳۰۶/۲۵
۳R	۵۶/۲۵	۴۰۰	۶۲۵	۴۰۰
۵R	۲۲۵	۱۰۰	۲۲۵	۱۵۶/۲۵
۶R	۱۰۰	۱۰۰	۴۰۰	۱۰۰
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
۲۳R	۵۶/۲۵	۱۷۷/۷۷۷۸	۵۰۶/۲۵	۳۰۶/۲۵
۲۴R	۲۲۵	۴۴/۴۴۴	۴۰۰	۲۲۵
۲۵R	۲۲۵	۴۰۰	۴۰۰	۵۶/۲۵

جدول ۸: امتیاز زیان موزون ریسک‌ها و رتبه‌بندی آن‌ها

شناسه ریسک	میانگین امتیاز زیان	وزن دسته ریسک	امتیاز نهایی زیان	رتبه ریسک
R۱	۲۴۵/۳۱۲۵	۰/۱۴۲۱	۳۴/۸۴۷۲	۱۳
R۲	۱۷۱/۸۷۵۰	۰/۱۴۲۱	۲۴/۴۱۵۲	۲۵
R۳	۳۷۰/۳۱۲۵	۰/۱۴۲۱	۵۲/۶۰۳۷	۲
R۴	۱۷۶/۵۶۲۵	۰/۱۴۲۱	۲۵/۰۸۱۱	۲۳
R۵	۱۷۵/۰۰۰۰	۰/۱۸۱۲	۳۱/۷۱۴۴	۱۷
R۶	۳۴۲/۰۹۱۸	۰/۱۸۱۲	۶۱/۹۹۵۷	۱
R۷	۲۰۶/۹۴۴۴	۰/۱۸۱۲	۳۷/۵۰۳۵	۱۱
R۸	۲۱۵/۶۲۵۰	۰/۱۸۱۲	۳۹/۰۷۶۷	۷
R۹	۱۱۶/۸۱۲۵	۰/۲۲۳۱	۲۶/۰۶۲۶	۲۲
R۱۰	۲۰۹/۷۶۵۶	۰/۲۲۳۱	۴۶/۸۰۱۸	۵
R۱۱	۱۷۱/۰۰۶۹	۰/۲۲۳۱	۳۸/۱۵۴۲	۹
R۱۲	۲۱۳/۳۶۱۱	۰/۲۲۳۱	۴۷/۶۰۴۰	۴
R۱۳	۱۶۶/۰۱۵۶	۰/۱۶۴۴	۲۷/۲۹۲۳	۲۰
R۱۴	۲۰۹/۷۶۵۶	۰/۱۶۴۴	۳۴/۴۸۴۶	۱۵
R۱۵	۲۴۳/۰۶۲۵	۰/۱۶۴۴	۳۹/۹۵۸۵	۶
R۱۶	۲۱۲/۵۰۰۰	۰/۱۶۴۴	۳۴/۹۳۴۱	۱۲
R۱۷	۲۱۲/۵۰۰۰	۰/۱۷۸۲	۳۷/۸۷۶۴	۱۰
R۱۸	۲۱۸/۷۵۰۰	۰/۱۷۸۲	۳۸/۹۹۰۴	۸
R۱۹	۱۴۶/۵۷۸۱	۰/۱۷۸۲	۲۶/۱۲۶۴	۲۱
R۲۰	۱۹۵/۳۱۲۵	۰/۱۷۸۲	۳۴/۸۱۲۹	۱۴
R۲۱	۲۷۰/۸۷۶۷	۰/۱۷۸۲	۴۸/۲۸۱۶	۳
R۲۲	۲۹۵/۳۱۲۵	۰/۱۱۱۰	۳۲/۷۷۰۹	۱۶
R۲۳	۲۶۱/۶۳۱۹	۰/۱۱۱۰	۲۹/۰۳۳۳	۱۹
R۲۴	۲۲۳/۶۱۱۱	۰/۱۱۱۰	۲۴/۸۱۴۲	۲۴
R۲۵	۲۷۰/۳۱۲۵	۰/۱۱۱۰	۲۹/۹۹۶۶	۱۸

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

با توجه به مخاطرات جدی زیست محیطی که حیات انسان‌ها و سایر موجودات زنده را تحت‌تأثیر قرارداده است،لزوم روش‌های کارآمد ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی امری ضروری تلقی می‌گرددودر این راستاتحقیقات‌متنوعی با استفاده از تکنیک‌های مرسوم ارزیابی ریسک انجام پذیرفته است. در این میان استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌دلیل سهولت در پیاده‌سازی، اجرا و نتایج حاصل از آن‌ها که منجر به اخذ تصمیمات‌بهینه‌تر می‌گردد بسیار مورد اقبال می‌باشد. به‌همین دلیل در این تحقیق پس از‌تعریف ساختارشکست ریسک‌های زیست محیطی استان مازندران، براساس نظر خبرگان ابتدا دسته‌های ریسک و ریسک‌ها شناسایی شد و سپس به‌منظور ارزیابی آن‌ها از یک روش ترکیبی‌شامل تکنیک دیماتل به‌عنوان یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تابع زیان تاگوچی استفاده گردید. براساس نتایج دیماتل مشخص‌شد که‌دسته‌های‌ریسک فرهنگی، فیزیکو شیمیایی و اقتصادی ازاهمیت‌بیش‌تری‌برخوردار بوده و بر سایر دسته‌های ریسک تأثیرگذار است. این نشان می‌دهد که ایجاد زیرساخت فرهنگی درحوزه محیط زیست استان‌مازندران باید بیش از پیش‌موردتوجه‌قرار گیرد. هم‌چنین شاخص اهمیت‌دسته‌های ریسک نیز‌تعیین و براساس آن به دسته‌های ریسک‌وزن اختصاص گردید. هم‌چنین مطابق نظر خبرگان چهار معیار احتمال وقوع ریسک، شدت اثر ریسک، قابلیت کشف ریسک و قابلیت مدیریت و کنترل‌پذیری ریسک جهت ارزیابی ریسک‌ها تعیین شد که با استفاده از روش تابع زیان تاگوچی، امتیاز زیان هر ریسک در هر یک از معیارها محاسبه‌گردید.سپس با ضرب‌میانگین امتیاز زیان هر ریسک‌در وزن‌دسته‌ریسک مربوطه،امتیاز‌نهایی‌زیان‌ریسک‌ها محاسبه و براساس آن رتبه‌بندی گردید. نتایج نشان می‌دهد از‌نظر‌خبرگان این تحقیق، ریسک‌های پساب شهری و صنعتی، آفت و بیماری گیاهی و جانوری،برداشت‌بی‌رویه‌منابع‌جنگلی‌و معدنی، تخلیه و دفع پسماندها، فرهنگ‌نامناسب‌گردشگری‌به‌ترتیب‌جزو‌پنج ریسک مهم محیط‌زیست استان مازندران تلقی می‌شوند. لذا می‌بایست در راستای برنامه‌ریزهای مناسب جهت مدیریت و پاسخگویی به آن‌ها، اقدامات مقتضی توسط سازمان‌ها و مسئولین ذیربط انجام‌پذیرد. به‌طورکلی بهره‌گیری از مدل ارائه شده‌در این تحقیق و نتایج به‌دست آمده از آن می‌تواند به اتخاذ تصمیمات‌مناسب‌وایجاد‌تمهیدات‌لازم‌جهت‌ایجاد‌شرایطی‌که‌مخاطرات زیست‌محیطی‌را‌کاهش‌می‌دهد،مفیدواقع‌شود. ضمناًدر‌تحقیقات‌آینده می‌توان‌به‌منظور‌دستیابی‌به‌نتایج‌قابل استنادتر، تعداد‌متخصصان خبره نظردهنده را افزایش داد و هم‌چنین برای لحاظ‌کردن عدم اطمینان و ابهام نظرهای ذهنی خبرگان و افزایش دقت در نتایج‌تحقیق، از نظریه مجموعه‌های فازی برای روش‌های استفاده شده در مدل استفاده نمود.

منابع

۱. **پارکر، ج.، ۲۰۰۸.** مدیریت ریسک‌ها، ابعادمدیریت ریسک و کاربرد آن در سازمان‌های مالی. ترجمه: پارسیان، ع.، ۱۳۸۹. سال ۴، شماره ۱۴-۱۳، ۱۴۴ صفحه.

۲. **جعفری‌آذر، س.؛ سبزقبائی، غ.؛ توکلی، م. و دشتی، س.، ۱۳۹۹۶.** ارزیابی و تحلیل‌ریسک‌های‌زیست‌محیطی تالاب بین‌المللی خورخوران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره. علوم و مهندسی آبیاری. جلد ۴۰، شماره ۳، صفحات ۶۳ تا ۷۵.

۳. **راهنمای گستره دانش مدیریت پروژه.** مؤسسه مدیریت پروژه (PMI). ترجمه ذکایی‌آشتیانی، م.، ۱۳۹۶. نشر آدینه.

۴. **سرخیل، ح.؛ رهبری ش.؛ نظری، ب. و توکلی، ج.، ۱۳۹۳.** بررسی و مقایسه مطالعات ارزیابی محیط‌زیست و ارزیابی ریسک زیست محیطی؛ تاریخچه، روش‌ها و کاربرد با نگاه موردی به میدان نفتی یاران شمالی. دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان‌های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری.

۵. **عبدی‌پور، ل.، ۱۳۹۳.** کاربرد روش AHP در ارزیابی ریسک محیط زیست در طرح‌های پتروشیمی. هفتمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست.

۶. **میرغفوری، ح.؛ اسفندیاری، س. و صادقی‌آرانی، ز.، ۱۳۹۱.** بررسی روابط علت و معلولی بین معیارهای کیفیت خدمات در کتابخانه‌ها با رویکرد ترکیبی لایب کوآل-دیماتل فازی. فصلنامه کتابداری و اطلاع‌رسانی. صفحات ۹۲ تا ۹۳.

۷. **Bryan Kethley, R., 2008.** Using Taguchi Loss Function to Develop a single Objective Function in a Multi-Criteria Context: A Scheduling Example. International Journal of Information and management Sciences. Vol. 19, No. 4, pp: 589-600,

۸. **Certa, A.; Carpitella, S.; Enea, M. and Micale, R., 2016.** A multi criteria decision making approach to support the risk management: a case study. In Proceedings of 21st Summer School Francesco Turco.

۹. **Davis, S., 2009.** Becoming a knowledge-based business. International Journal of Technology Management. Vol. 14, pp: 60-73.

۱۰. **Deloitte, M. and Touche, L.L.P., 2012.** Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (COSO), Risk Assessment in Practice. pp: 2-3.

۱۱. **Hillson, D., 1999.** Developing effective risk responses. Paper presented at the Proceedings of the 30th Annual Project Management Institute Seminars & Symposium.

۱۲. **Lambert, J.H.; Haimes, Y.; Li, D.; Schooff, R. and Tulsiani, V., 2001.** Identification, ranking, and management of risks in a major system acquisition, Reliability Engineering & System Safety. Vol. 72, No. 3, pp: 315-325.

۱۳. **Lee, E.; Park, Y. and Shin, J.G., 2009.** Large engineering project risk management using a Bayesian belief network. Expert Systems with Applications. Vol. 36, pp: 5880-5887.

۱۴. **Liao, C.N. and Kao, H.P., 2010.** Supplier selection model using Taguchi lossfunction, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming. Computers & Industrial Engineering. Vol. 58, No. 4, pp: 571-577.

۱۵. **Liua, S.Y.; Wanga, H.Q. and Lia, Y.L., 2012.** Current Progress of Environmental Risk Assessment Research, Procedia Environmental Sciences. Vol. 13, pp: 1477-1483.

۱۶. **Marhavilas, P.K.; Koulouriotis, D. and Gemeni, V., 2011.** Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period, 2000-2009, Journal of Loss Prevention in the Process Industries. pp: 477-523.

۱۷. **Nieto-Morote, A. and Ruz-Vila, F., 2011.** A fuzzy approach to construction project risk assessment. International Journal of Project Management. Vol. 29, No. 2, pp: 220-231.

۱۸. **Topuz, E.; Talinli, I. and, Aydin, E., 2011.** Integration of environmental and human health risk assessment for industries using hazardous materials: A quantitative multi criteria approach for environmental decision makers, Environment International. Vol. 37, pp: 393-403.

www.SID.ir