

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 زیست‌محیطی استان مازندران و ارائه یک مدل ترکیبی به‌منظور ارزیابی و اولویت‌بندی 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



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 به طوری که در حدود ۷۰۰۰۰ ماده شیمیایی توسط فرآیندهای گوناگون صنعتی تولید می‌گردد که بیش‌تر آن‌ها سمی بوده و سلامت موجودات زنده و زیست‌بوم‌ها را دچار مخاطره می‌کند (Topuz و همکاران، ۲۰۱۱). رشته کوه‌های البرز، سد بزرگی هستند که نمی‌گذارند ابرهای برخاسته از دریای خزر به آن سوی فلات ایران بروند. بیش‌تر این ابرهای باران‌زا به رشته کوه البرز می‌خورند و برمی‌گردند و در حاشیه شمالی این رشته کوه‌ها زیاد و مستمر می‌بارند. آن قدر 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 مهم‌ترین زیستگاه‌های گیاهی و جانوری کشور قرار داده است. بیش از ۴۹۰ گونه جانوری از رده‌های مختلف مهره‌داران اعم از پرندگان، پستانداران، خزندگان، دوزیستان و ماهی‌ها در استان مازندران مورد شناسایی قرار گرفته است. پرندگان با ۳۱۷ گونه از 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 از جمله گونه‌های جانوری هستند که در اکوسیستم طبیعی مازندران زندگی می‌کنند (<https://www.isna.ir/news/94033117575>). عدم توجه به این مخاطرات منجر به حذف تدریجی گونه‌های جانوری و گیاهی خواهد گردید، لذا توجه به ریسک‌های زیست‌محیطی و ارزیابی آن‌ها جهت اخذ تصمیمات مدیریتی بهینه و کمک به کاهش اثرات مخرب آن‌ها در این حوزه ضروری به نظر می‌رسد. ارزیابی ریسک‌زیست محیطی (ERA=Environmental 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 توسعه پایدار تلقی شده و امروزه در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های کشورهای مختلف جهان مورد توجه می‌باشد (جعفری آذر و همکاران،

۱۳۹۶). ارزیابی ریسک زیست محیطی فرآیند سیستماتیک ارزیابی اثرات سوء بالقوه فعالیت‌ها و آلودگی‌های فیزیکی و شیمیایی ناشی از آن‌ها، بر انسان‌ها، گیاهان، جانوران و به‌طور کلی اکوسیستم‌ها است. مطابق این تعریف، محیط‌زیست دربرگیرنده انسان‌ها، گیاهان، جانوران است پس ارزیابی ریسک زیست محیطی دربرگیرنده ریسک‌های ایمنی بهداشتی که انسان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد نیز می‌گردد (Nicolas، ۱۹۹۷). فرایند مدیریت 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 می‌باشد و غالباً با روش‌های توضیحی منتج به قضاوت کارشناسانه می‌گردد. در عوض تکنیک‌های کمی، ریسک را بر مبنای کمیت مدنظر قرار می‌دهد که بر مبنای روابط ریاضی به کمک داده‌های تصادفی واقعی ثبت شده در محیط کار، تخمین زده می‌شود. تکنیک‌های ترکیبی، پیچیدگی زیادی را به دلیل خصوصیات منحصر به فردشان ایجاد می‌کنند که مانع از گسترش آن‌ها می‌شود (Marhavilas و همکاران، ۲۰۱۱). در روش متداول تحلیل ریسک، ریسک به‌عنوان تابعی از احتمال و تأثیر 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 این که اتفاقات نامحتمل اغلب با سرعت شگفت‌آوری رخ می‌دهند، لذا احتمال و تأثیر نمی‌توانند همه ابعاد تحلیل ریسک را پوشش دهند (Deoitte 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 دقت رتبه‌بندی نهایی در اختیار قرار می‌دهد (ابراهیم‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۰). در این تحقیق تلاش گردیده تا یک مدل ترکیبی جدید به‌منظور ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی جانوری ناشی از صنایع در استان مازندران ارائه گردیده است. به‌همین جهت ابتدا ریسک‌ها را شناسایی کرده، سپس براساس معیارهای متنوع آن‌ها



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 به منظور 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 به روش تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌بندی گردید. همچنین جعفری‌آذر و همکاران (۱۳۹۶) با بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP و TOPSIS به ارزیابی 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 غیراحتمالی قضاوتی یا هدفمند در این تحقیق استفاده می‌شود. بدین ترتیب که تعداد ۹ نفر به‌عنوان خبره شامل مدیران با سابقه کاری بیش از ۱۰ سال در اداره کل حفاظت محیط زیست استان مازندران و اساتید برجسته دانشگاهی که دارای دانش و تجربه کافی در خصوص ریسک‌های زیست‌محیطی این استان را دارند در نظر 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 به منظور 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 گسترده دانش مدیریت پروژه، ۱۳۹۶). در این تحقیق نیز پس از جمع‌آوری اطلاعات از روش کتابخانه‌ای

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 در نظر 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 آقام توسط Oguji (۲۰۰۷) صورت گرفت اشاره نمود. در این پژوهش از روش‌های آنالیز خطا و اثرات (CCA=Common Cause Analysis) و روش 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 بر کارکردها 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 در نظر 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. از جمله فرآیندهای بررسی شده در مطالعه آنان می‌توان به ارزیابی اثرات زیست



و مصاحبه با خبرگان، ساختار شکست ریسک‌های زیست‌محیطی استان مازندران به صورت زیر تشکیل شد:

جدول ۱: ساختار شکست ریسک‌های زیست‌محیطی استان مازندران

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

گام ۱: تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم (Direct relation matrix): ابتدا به منظور سنجش روابط میان معیارها، نیازمند یک مقیاس در چهار سطح می‌باشد:

جدول ۲: مقیاس‌های زبانی

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

در مرحله بعدی مقایسات زوجی توسط خبرگان انجام می‌شود که آن را با X نشان داده و نشان‌دهنده شدت اثر حاکم بر رابطه‌های مستقیم موجود در سیستم است و مولفه‌های آن را با z_i نمایش داده و بیانگر درجه تأثیری است که معیار i بر معیار j می‌گذارد. درایه‌های این ماتریس در مورد روابط مستقیم تأیید نشده صفر و درباره رابطه‌های مستقیم تأیید شده، مقدار میانه امتیازهای کسب شده را داراست. در این گام گراف متناظر با ماتریس X، به عنوان گراف اولیه رسم می‌شود، به گونه‌ای که رئوس آن همان عوامل تشکیل‌دهنده سیستم و کمان‌های 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. بدیهی است شدت اثر صفر معرف نبود رابطه مستقیم در مقایسه زوجی است و به‌ازای آن کمانی رسم نمی‌شود.

گام ۲: نسبی سازی ماتریس ارتباط: ماتریس نسبی شده شدت روابط مستقیم حاصل از ماتریس ارتباط X با M نام گذاری شده که نشان‌دهنده شدت اثر نسبی حاکم بر روابط مستقیم موجود در سیستم است و از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود. به عبارت دیگر جمع سطری درایه‌های ماتریس X محاسبه شده و ماتریس X در " معکوس بیشینه مقدار حاصل جمع‌های سطری به دست آمده ضرب می‌گردد.

$$M = X \cdot r \quad \text{رابطه (۱)}$$

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

به عبارت ساده‌تر r بیش‌ترین جمع ردیفی یا سطرلی ماتریس X می‌باشد. گام ۳: به دست آوردن ماتریس ارتباط کل (Total relation matrix): هنگامی که ماتریس X یعنی شدت اثر نسبی حاکم بر روابط مستقیم موجود در سیستم محاسبه شد، ماتریس ارتباط کل که نشان‌دهنده شدت اثر نسبی حاکم بر روابط مستقیم و غیرمستقیم موجود در سیستم بوده و با S نمایش داده می‌شود، با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود که در آن I ماتریس همانی می‌باشد.

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

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

$$\lim_{t \rightarrow \infty} M^t = 0$$

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 به دست می‌آورد به گونه‌ای که شدت روابط مذکور را به صورت امتیازی عددی معین می‌کند (میرغفوری و همکاران، ۱۳۹۱). در این جا با بهره‌گیری از این تکنیک به تعیین میزان اهمیت دسته‌های ریسک شناسایی شده در سطح اول ساختار شکست ریسک (RBS) و این که کدام دسته متعلق به گروه علت و کدامیک متعلق به گروه معلول می‌باشد، پرداخته می‌شود که از گام‌های زیر تشکیل شده است:



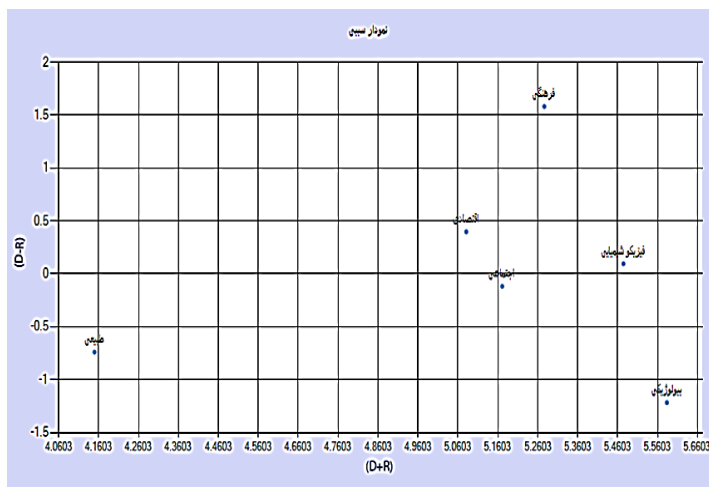
و به این ترتیب وزن هر کدام از آن‌ها را جهت رتبه‌بندی عوامل ریسک (سطح سه RBS) تعیین نمود.

جدول ۳: نتیجه به دست آمده از تکنیک دیماتل

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

جدول ۴: اهمیت وزنی هر یک از دسته‌های ریسک

دسته ریسک	فرهنگی	فیزیکی 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)

سه RBS) با استفاده از روش تابع زیان ناگوچی: بر اساس مبنای نظری تحقیق، معیارهای متعددی می‌توان برای ارزیابی برای ارزیابی ریسک در نظر گرفت که رایج‌ترین آن‌ها معیارهای احتمال و تأثیر می‌باشند. در این تحقیق پس از مشورت با خبرگان معیارهای زیر جهت ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی استان مازندران در نظر گرفته شد: احتمال وقوع ریسک، تأثیر منفی ریسک بر اهداف شرکت، قابلیت کشف ریسک و قابلیت مدیریت و کنترل پذیری ریسک.

آثار غیرمستقیم عامل‌های موجود، در طول زنجیره‌های گراف اولیه به صورت 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 به صورت بردارهای D (Disparture) و R (Receiver) نام‌گذاری می‌شوند که از طریق رابطه‌های ۴ و ۶ محاسبه می‌شوند. سپس، محور افقی نمودار از طریق جمع بردارهای D و R (D+R) محاسبه می‌شود که محور اهمیت (Prominence Axis) نامیده شده نشان‌دهنده درجه اهمیتی است که معیار مربوطه دارا می‌باشد. به طور 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. به طور کلی هنگامی که (D-R) مثبت است، معیار مربوطه متعلق به گروه علت می‌باشد. در غیر این صورت، 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.

$$T = [t_{ij}]_{n \times n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (۵)$$

$$D = [\sum_{j=1}^n t_{ij}] \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (۶)$$

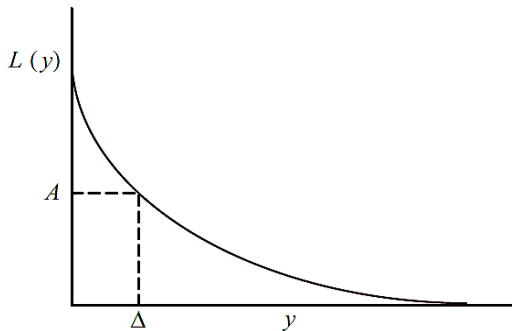
$$R = [\sum_{i=1}^n t_{ij}] = [t_{.j}]_{n \times 1} \quad (۷)$$

به طوری که بردار D و R، به ترتیب بیانگر جمع سطرها و جمع ستون‌های ماتریس ارتباط کل، $T = [t_{ij}]_{n \times n}$ می‌باشند

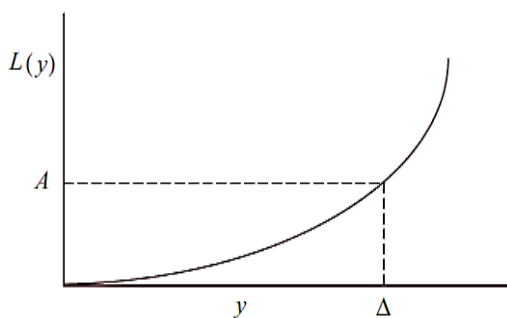
گام پنجم: تولید ماتریس ارتباط داخلی (Inner dependence matrix)

در این گام ماتریس ارتباط کل، (T) را نرمالیزه کرده تا ماتریس ارتباط داخلی به دست آید. در این حالت مجموع عناصر واقع در هر ستون برابر عدد یک می‌باشد. زیرا هر از یک از عناصر ستون‌ها بر مجموع عناصر ستون مربوطه تقسیم شده‌اند. نتیجه به دست 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، فیزیکی شیمیایی و اقتصادی به دلیل 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. با توجه به میزان اهمیت هر یک از دسته‌های ریسک و بر اساس شاخص (D+R) به دست آمده و نرمال سازی آن، می‌توان به هر یک از دسته‌های ریسک ارزش وزنی اختصاص داده





شکل ۵: تابع زیان بیش‌تر بهتر



شکل ۶: تابع زیان کم‌تر بهتر

نتایج

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

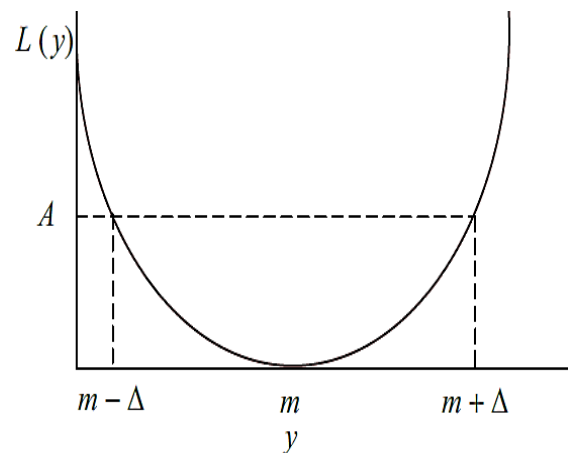
مقادیر معیارها در جدول ۵ براساس طیف لیکرت ۱ تا ۵ (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد) تعریف شده است. به‌عنوان مثال حد آستانه براساس نظر خبرگان برای معیار قابلیت مدیریت و کنترل پذیری مقدار ۳/۵ (بین متوسط و زیاد) و برای معیار شدت اثر ریسک مقدار ۳ (متوسط) در نظر گرفته شده است. برای محاسبه $L(y)$ که همان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

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 استفاده شده 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 هنگامی که مقدار مشخصه برابر مقدار هدف باشد، زیان برابر صفر است. در سایر حالات، زیان حاصله به کمک یک تابع درجه دو قابل اندازه‌گیری است (Bryan Kethley, ۲۰۰۸). در این روش، نتایج ارزیابی در هر معیار به صورت زیان نشان داده می‌شود. همچنین به این دلیل که تابع زیان، یک تابع غیرخطی و درجه دو است، مقدار زیان به‌طور فزاینده‌ای بسته به مقدار انحراف از هدف، افزایش می‌یابد. تابع زیان تاگوچی به سه نوع اصلی طبقه‌بندی می‌شود: مشخصه‌هایی که هرچه به مقدار اسمی (میانه) نزدیک‌تر باشند، بهتر است مشخصه‌هایی که هرچه کوچک‌تر باشند بهتر است، 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 دامنه انحراف خصوصیت از مقدار هدف را نشان می‌دهد. در آخرین گام برای رسیدن به امتیاز نهایی زیان ریسک‌ها، وزن‌های به‌دست آمده برای هر یک 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 (Kao و Liao, ۲۰۱۰):

$$L(y) = k(y - m)^2 \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$L(y) = k \cdot (y)^2, \quad k = A/\Delta^2 \quad \text{رابطه (۹)}$$

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



شکل ۴: تابع زیان بهترین در مقدار اسمی

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	۳/۵
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 زبان هر ریسک در هر معیار

معیار ریسک	احتمال وقوع ریسک	تأثیر منفی بر اهداف شرکت	قابلیت کشف ریسک	قابلیت مدیریت و کنترل پذیری 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 زبان موزون ریسک‌ها و رتبه‌بندی آن‌ها

رتبه	شناسه ریسک	میانگین امتیاز زبان	وزن دسته ریسک	رتبه	شناسه ریسک	میانگین امتیاز زبان	وزن دسته ریسک
۱۵	R۱۴	۲۰۹/۷۶۵۶	۰/۱۶۴۴	۱۳	R۱	۲۴۵/۳۱۲۵	۰/۱۴۲۱
۶	R۱۵	۲۴۳/۰۶۲۵	۰/۱۶۴۴	۲۵	R۲	۱۷۱/۸۷۵۰	۰/۱۴۲۱
۱۲	R۱۶	۲۱۲/۵۰۰۰	۰/۱۶۴۴	۲	R۳	۳۷۰/۳۱۲۵	۰/۱۴۲۱
۱۰	R۱۷	۲۱۲/۵۰۰۰	۰/۱۷۸۲	۲۳	R۴	۱۷۶/۵۶۲۵	۰/۱۴۲۱
۸	R۱۸	۲۱۸/۷۵۰۰	۰/۱۷۸۲	۱۷	R۵	۱۷۵/۰۰۰۰	۰/۱۸۱۲
۲۱	R۱۹	۱۴۶/۵۷۸۱	۰/۱۷۸۲	۱	R۶	۳۴۲/۰۹۱۸	۰/۱۸۱۲
۱۴	R۲۰	۱۹۵/۳۱۲۵	۰/۱۷۸۲	۱۱	R۷	۲۰۶/۹۴۴۴	۰/۱۸۱۲
۳	R۲۱	۲۷۰/۸۷۶۷	۰/۱۷۸۲	۷	R۸	۲۱۵/۶۲۵۰	۰/۱۸۱۲
۱۶	R۲۲	۲۹۵/۳۱۲۵	۰/۱۱۱۰	۲۲	R۹	۱۱۶/۸۱۲۵	۰/۲۲۳۱
۱۹	R۲۳	۲۶۱/۶۳۱۹	۰/۱۱۱۰	۵	R۱۰	۲۰۹/۷۶۵۶	۰/۲۲۳۱
۲۴	R۲۴	۲۲۳/۶۱۱۱	۰/۱۱۱۰	۹	R۱۱	۱۷۱/۰۰۶۹	۰/۲۲۳۱
۱۸	R۲۵	۲۷۰/۳۱۲۵	۰/۱۱۱۰	۴	R۱۲	۲۱۳/۳۶۱۱	۰/۲۲۳۱
				۲۰	R۱۳	۱۶۶/۰۱۵۶	۰/۱۶۴۴

به صورت $k = \Delta/A^2 = 100 \div (2)^2 = 25$ و برای معیار قابلیت کشف ریسک که تابع آن از نوع بیشتر بهتر می‌باشد به صورت $k = A\Delta^2 = 100 \times (2)^2 = 400$ محاسبه گردیده است. در این رابطه میزان زیان A باید متناسب با هر معیار تعیین شود. برای ایجاد همگونی بین معیارها، حداکثر میزان زیان در حد آستانه‌های تعریف شده برابر با ۱۰۰ (به عنوان ۱۰۰ درصد) در نظر گرفته می‌شود. در واقع اگر قابلیت ریسک که جزو معیارهای بیشتر-بهرتر است بسیار زیاد (مقدار ۵) باشد، امتیاز زیان آن برابر صفر و در صورتی که قابلیت مدیریت و کنترل پذیری ریسکی بین متوسط و زیاد (۳/۵) باشد، امتیاز زیان آن برابر ۱۰۰ می‌باشد. همچنین اگر شدت اثر ناشی از ریسک که جزو معیارهای کم-تر-بهرتر است بسیار کم (مقدار ۱) باشد، امتیاز زیان آن ریسک برابر صفر و در صورتی 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 به دست 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 (به-دست آمده در مرحله قبل بر اساس روش دیماتل) ضرب شد تا امتیاز زیان موزون ریسک‌ها محاسبه و رتبه‌بندی نهایی بر اساس آن حاصل گردد. ریسک‌هایی که امتیاز زیان آن‌ها بیشتر می‌باشد حائز اهمیت‌تر بوده و در رتبه بالاتری قرار می‌گیرند.



بحث

منابع

۱. پارکر، ج.، ۲۰۰۸. مدیریت ریسک‌ها، ابعاد مدیریت ریسک و کاربرد آن در سازمان‌های مالی. ترجمه: پارسیان، ع.، ۱۳۸۹. سال ۴، شماره ۱۴-۱۳، ۱۴۴ صفحه.
۲. جعفری آذر، س.؛ سبزیبائی، غ.؛ توکلی، م. و دشتی، س.، ۱۳۹۹. ارزیابی و تحلیل ریسک‌های زیست‌محیطی تالاب بین‌المللی خورخوران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره. علوم و مهندسی آبیاری. جلد ۴۰، شماره ۳، صفحات ۶۳ تا ۷۵.
۳. راهنمای گسترده 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 زیست‌محیطی؛ تاریخچه، روش‌ها و کاربرد با نگاه موردی به میدان نفتی باران 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 کوال-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. Marhavalas, 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.

با توجه به مخاطرات جدی زیست محیطی که حیات انسان‌ها و سایر موجودات زنده را تحت تأثیر قرار داده است، لزوم روش‌های کارآمد ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی امری ضروری تلقی می‌گردد و در این راستا تحقیقات متنوعی با استفاده از تکنیک‌های مرسوم ارزیابی ریسک انجام پذیرفته است. در این میان استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به دلیل سهولت در پیاده‌سازی، اجرا و نتایج حاصل از آن‌ها که منجر به اخذ تصمیمات بهینه‌تر می‌گردد بسیار مورد اقبال می‌باشد. به همین دلیل در این تحقیق پس از تعریف ساختار شکست ریسک‌های زیست محیطی استان مازندران، براساس نظر خبرگان ابتدا دسته‌های ریسک و ریسک‌ها شناسایی شد و سپس به منظور ارزیابی آن‌ها از یک روش ترکیبی شامل تکنیک دیماتل به عنوان یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تابع زبان تاگوچی استفاده گردید. براساس نتایج دیماتل مشخص شد که دسته‌های ریسک فرهنگی، فیزیکو شیمیایی و اقتصادی از اهمیت بیش‌تری برخوردار بوده و بر سایر دسته‌های ریسک تأثیرگذار است. این نشان می‌دهد که ایجاد زیرساخت فرهنگی در حوزه محیط زیست استان مازندران باید بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. هم‌چنین شاخص اهمیت دسته‌های ریسک نیز تعیین و براساس آن به دسته‌های ریسک وزن 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 زبان تاگوچی، امتیاز زبان هر ریسک در هر یک از معیارها محاسبه گردید. سپس با ضرب میانگین امتیاز زبان هر ریسک در وزن دسته ریسک مربوطه، امتیاز نهایی زبان ریسک‌ها محاسبه و براساس آن رتبه‌بندی گردید. نتایج نشان می‌دهد از نظر خبرگان این تحقیق، ریسک‌های پساب شهری و صنعتی، آفت و بیماری گیاهی و جانوری، برداشت بی‌رویه منابع جنگلی و معدنی، تخلیه و دفع پسماندها، فرهنگ نامناسب گردشگری به ترتیب جزو پنج ریسک مهم محیط‌زیست استان مازندران تلقی می‌شوند. لذا می‌بایست در راستای برنامه‌ریزی‌های مناسب جهت مدیریت و پاسخگویی به آن‌ها، اقدامات مقتضی توسط سازمان‌ها و مسئولین ذیربط انجام پذیرد. به‌طور کلی بهره‌گیری از مدل ارائه شده در این تحقیق و نتایج به‌دست آمده از آن می‌تواند به اتخاذ تصمیمات مناسب و ایجاد تمهیدات لازم جهت ایجاد شرایطی که مخاطرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد، مفید واقع شود. ضمناً در تحقیقات آینده می‌توان به منظور دستیابی به نتایج قابل استنادتر، تعداد متخصصان خبره نظردهنده را افزایش داد و هم‌چنین برای لحاظ کردن عدم اطمینان و ابهام نظرهای ذهنی خبرگان و افزایش دقت در نتایج تحقیق، از نظریه مجموعه‌های فازی برای روش‌های استفاده شده در مدل استفاده نمود.

