ارزیابی ریسک محیط‌زیستی تالاب‌ها با استفاده از روش‌های TOPSIS و EFMEA (مطالعه موردی : تالاب شیرین‌سو در استان همدان)

رقیه مکوندی[1*]
سجاد آستانی[2]
زهرا انوشه[3]
۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، اهواز، ایران.
۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، باشگاه پژوهشگران جوان، همدان، ایران.
۳. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، اهواز، ایران.
* **نویسنده مسئول مکاتبات**
Makvandi.rm@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۲۵
کد مقاله: ۱۳۹۱۲۱۰۲۲
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی می‌باشد.

چکیده

این تحقیق به منظور شناسایی، رتبه بندی و ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی تهدید کننده تالاب شیرین‌سو در استان همدان در سال ۱۳۹۱ به انجام رسید. به این منظور ابتدا ریسک های تهدید کننده تالاب براساس مطالعات پیشین، بازدید میدانی و مصاحبه با افراد بومی شناسایی گردیدند. از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و نرم افزار Expert choice برای تعیین احتمال وقوع هر ریسک استفاده گردید. به منظور تعیین شدت و گستره آلودگی هر ریسک از روش تجزیه و تحلیل حالات شکست استفاده شد. در نهایت تجزیه و تحلیل ریسک ها با استفاده از روش تصمیم گیری چندمعیاره TOPSIS صورت پذیرفت. براساس نتایج بدست آمده فعالیت معدن سنگ بالا دست و رهاسازی پساب آن در منطقه، و آلودگی آب تالاب ناشی از فاضلاب‌های روستایی به عنوان مهمترین ریسک ها شناسایی شدند. پس از تعیین عدد اولویت ریسک، درجه مخاطره پذیری ریسک‌ها تعیین گردید که اولویت‌های مدیریتی جهت کنترل ریسک‌ها را نشان می‌دهد. مزیت TOPSIS در ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی، رتبه‌بندی ریسک‌ها با استفاده از معیارهای متفاوت است. با استفاده از این روش در ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی می‌توان بی‌نهایت ریسک را بر اساس بی‌نهایت شاخص رتبه‌بندی کرد. دقت بالا و توانایی استفاده از نرم‌افزارهای صفحه‌گسترده از دیگر مزایای این روش هستند.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک محیط‌زیستی، تالاب شیرین‌سو، استان همدان، EFMEA، TOPSIS، AHP

مقدمه

ایران با اینکه سرزمین خشک می‌باشد، ولی به دلیل شرایط طبیعی و توپوگرافی آن دارای تالاب‌های متعددی است که هر یک منحصر به فرد می‌باشند (بهروزی راد، ۱۳۸۷). تالاب‌ها به عنوان اکوسیستم‌های غنی و حاصلخیز می‌توانند در برنامه‌های راهبردی اقتصادی اجتماعی نقشی تعیین‌کننده داشته باشند سواری و همکاران، (۱۳۸۳). بهره‌برداری‌های مکرر، غیرآگاهانه و بیش از حد و حصر از منابع طبیعی و از جمله زیستگاه‌های آبی و تالاب‌ها بر همه بخش‌های محیطزیست ما به شدت احساس می‌شود (آستانی، ۱۳۸۹). استفاده از روش‌های ارزیابی ریسک محیطزیستی یکی از ابزارهای مهم در مطالعات مدیریت محیطزیست و شناسایی و کاهش عوامل بالقوه آسیب رسان محیطزیستی در مناطق تالابی جهت حصول به توسعه پایدار است.

ارزیابی ریسک فرآیندی است که نتایج آنالیز ریسک را با رتبه‌بندی و یا مقایسه آن‌ها با مقادیر هدف (اهداف عملکردی با الزامات قانونی) برای تصمیم‌گیری به کار می‌برد (اللهیاری، ۱۳۸۴). ارزیابی ریسک محیطزیستی گام فراتر از ارزیابی ریسک بوده و در آن علاوه بر بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف ریسک، ضمن شناخت کامل از محیطزیست منطقه تحت اثر، میزان حساسیت محیطزیست متأثر و همچنین ارزش‌های خاص محیطزیستی منطقه نیز در تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک منطقه در نظر گرفته می‌شود (Haller, 2006). روش‌های متنوعی برای ارزیابی ریسک محیطزیستی وجود دارد از جمله این روش‌ها می‌توان به FMEA، HAZAN و William Fine اشاره کرد که هر یک دارای مزایا و معایبی وابسته به محیط مورد مطالعه‌اند (صفاریان و جوزی، ۱۳۹۰). حالات شکست و بررسی اثر (Failure Mode and Effect Analysis) (FMEA) مانند تمام روش‌های ارزیابی ریسک، قابلیت شناسایی و ارزیابی ریسک را

Archive of SID

www.SID.ir

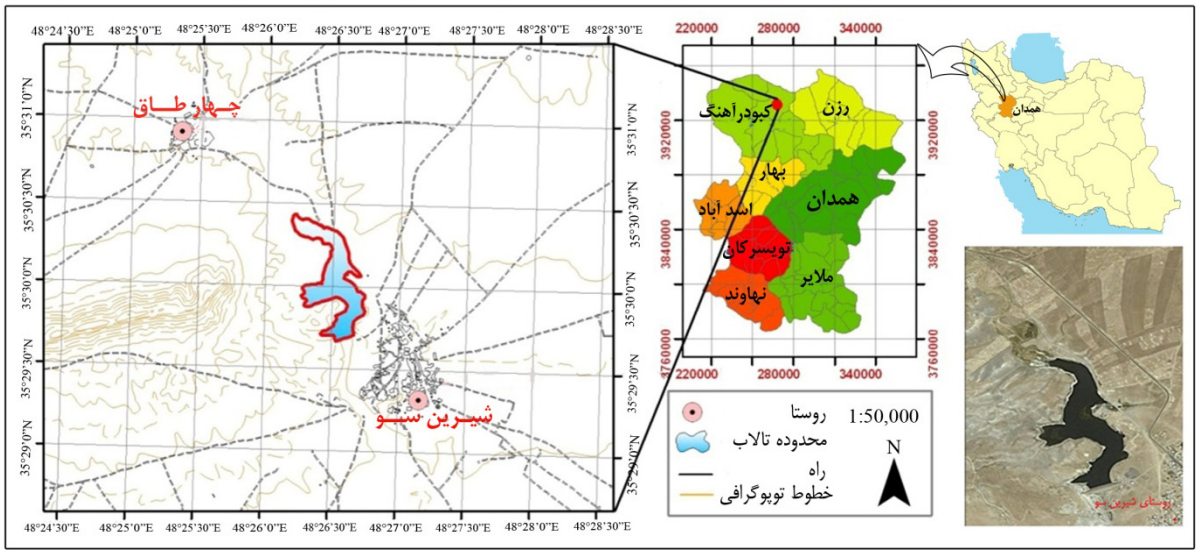
دارد (SAE, 2001). تکنیک FMEA دارای کاربردهای بسیاری می‌باشد و متناسب با کاربردهای متنوع، FMEA های مختلفی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به FMEA مربوط به محیطزیست، معادل EFMEA (Environmental Failure Mode and Effect Analysis) اشاره نمود (رضا زاده نیاورانی، ۱۳۸۳). بررسی سابقه استفاده از روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره در ارزیابی ریسک نشان می‌دهد که این روش‌ها به تنهایی یا با روش‌های دیگر برای ارزیابی ریسک در موارد مختلف مورد استفاده قرار گرفته است.

رضا زاده نیاورانی (۱۳۸۳) به بررسی کاربرد روش FMEA در شناسایی و ارزیابی جنبه‌های محیطزیستی و معرفی روش EFMEA پرداخته است (رضا زاده نیاورانی، ۱۳۸۳). شیوا جان قربان (۱۳۸۷) از روش‌های AHP (Analytical Hierarchy Process) و TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) به منظور شناسایی و تجزیه و تحلیل مخاطرات ریسک محیطزیستی در منطقه حفاظت شده مند استفاده کرد (جان قربان، ۱۳۸۷). خاوی و عبدالشاه (۱۳۸۷) از متدلوژی AHP در حل مسائل مربوط به تجزیه و تحلیل نقاط شکست (FMEA) بهره جسته‌اند. اصول این مقاله بر اساس وزن دهی می‌باشد (خاوی و عبدالشاه، ۱۳۸۷). جوزی و شفیعی (۱۳۸۸) به منظور تجزیه و تحلیل ریسک‌های محیطزیستی منطقه حفاظت شده حله بوشهر از روش AHP استفاده کرده‌اند (جوزی و شفیعی، ۱۳۸۸). ابراهیمیان دهاقانی و خادمی مال امیری (۱۳۸۹) در ارزیابی و الویت بندی ریسک واحد مصارف صنعتی تصفیه خانه آب اهواز از روش تطبیقی تصمیم‌گیری چند شاخصه (TOPSIS) با روش HAZOP بهره جسته‌اند (ابراهیمیان دهاقانی و خادمی مال امیری، ۱۳۸۹). جوزی و همکاران (۱۳۸۹) در تجزیه و تحلیل ریسک‌های فیزیکی سد بالارود خوزستان در مرحله ساختمانی از روش‌های تصمیم گیری چند شاخصه TOPSIS و AHP بهره برده‌اند (جوزی و همکاران، ۱۳۸۹). رحیمی بلوچی و ملک محمدی (۱۳۹۰) در ارزیابی ریسک محیط زیستی تالاب بین‌المللی شادگان از روش‌های ویلیام فاین و AHP استفاده کرده‌اند (رحیمی بلوچی و ملک محمدی، ۱۳۹۰). لاری و همکاران (۱۳۹۰) در ارزیابی ریسک محیط زیستی لایروبی بندر امام خمینی از روش‌های AHP (به منظور تعیین احتمال ریسک) و EFMEA بهره جسته‌اند (لاری و همکاران، ۱۳۹۰). Cahyani (2003) در مورد راهبردهای مختلف مدیریت ریسک با روش AHP مقاله‌ای منتشر کرد و از طریق انتخاب معیارهای سطوح ریسک، هزینه و اثر بخشی راهبرد مدیریت ریسک، سیاست‌ها و منابع دو نیروگاه حرارتی و آبی را ارزیابی کرد، سپس تجزیه و تحلیل ریسک در دو نیروگاه را به انجام رسانید (Cahyani, 2003). در تحقیقی Solomon و همکاران (2006) در مدیریت ریسک‌های محیط زیستی عملیات نفت و گاز ساحلی با استفاده از روش AHP فازی پرداخته‌اند (Solomon et al., 2006). Wang و همکاران (2007) با استفاده از روش یکپارچه AHP-DEA در ارزیابی ریسک ۲۰ ساختار پل و رتبه‌بندی آن‌ها استفاده کردند (Wang *et al.,* 2007). Zayed و همکاران (2008) در ارزیابی ریسک پروژه‌های بزرگراه در چین از روش AHP برای وزن دهی و رتبه بندی معیارها استفاده کرده‌اند (Zayed *et al.,* 2008). در مطالعه‌ای Allen و همکاران (2009) برای تجزیه و تحلیل خطرات ناشی از اجزا جهت کنترل کیفیت و جلوگیری از مصرف مولد خطرناک الکترونیکی در تایوان از روش FMEA و در محاسبه عدد ریسک از روش AHP استفاده کرده است (Allen *et al.,* 2009). Jafarzadeh و همکاران (2013) در ارزیابی ریسک مکان های دفن زباله از AHP (به منظور تعیین احتمال ریسک) و EFMEA استفاده کرده اند (Jafarzadeh *et al.,* 2012).

محدوده مطالعاتی تالاب شیرین‌سو در استان همدان و هم مرز با استان زنجان، یکی از اکوسیستم‌های آبی غنی غرب ایران می‌باشد. حوضه آبریز شیرین‌سو در ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۴۰ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی، در ۵۵ کیلومتری شمال غربی شهرستان کبودرآهنگ واقع گردیده است (شکل ۱). مساحت حوضه آبریز رودخانه شیرین‌سو در بالادست سد مخزنی معادل ۴۸ کیلومترمربع می‌باشد و رودخانه اصلی آن که از کوه آق داغ سرچشمه می‌گیرد، به صورت فصلی است و به دشت کبودرآهنگ تخلیه می‌گردد. متوسط حجم سالیانه بارندگی ورودی به حوضه آبریز شیرین‌سو معادل ۱۶/۸ میلیون مترمکعب می‌باشد (آستانی، ۱۳۸۹). این منطقه با دارا بودن سیمای طبیعی خاص و فون و فلور قابل توجه، متأسفانه به علت صدمات ناشی از کشاورزی و دامداری غیر پایدار، فعالیت معدن سنگ بالا دست و رهاسازی پساب آن در منطقه و غیره صدمات جبران ناپذیری را متحمل گشته است. از نظر قوانین و مقررات محیطزیستی، تا کنون هیچ اقدامی در جهت قرار دادن تالاب شیرین‌سو در لیست مناطق تحت مدیریت صورت نپذیرفته است. پژوهش حاضر با هدف بررسی ریسک‌های تهدید کننده تالاب شیرین‌سو، تعیین مهم‌ترین ریسک‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و EFMEA صورت گرفته است.

Archive of SID

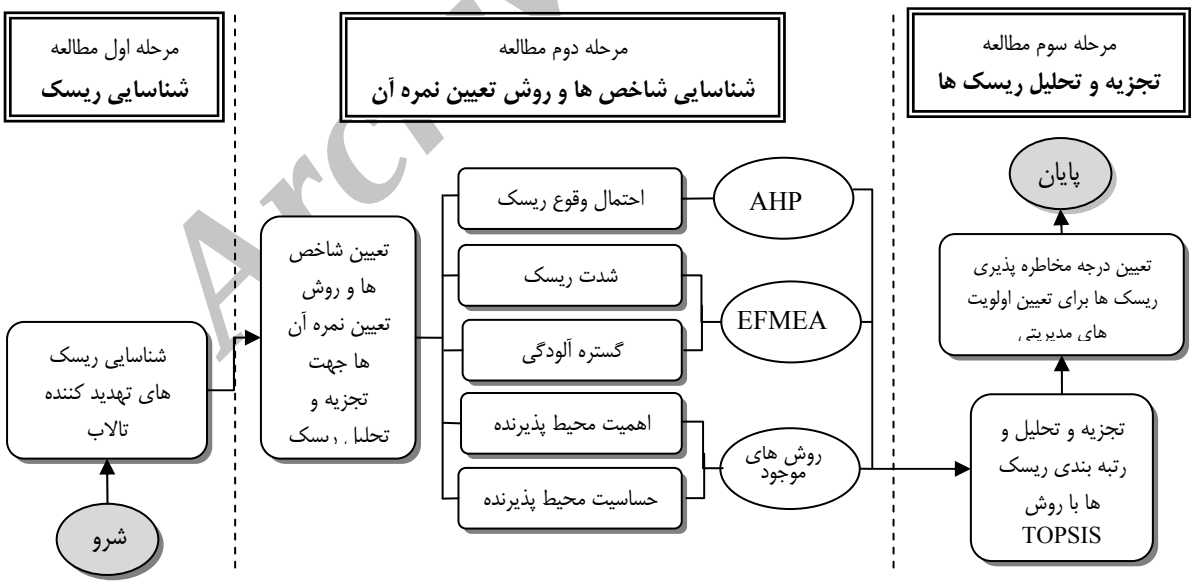
www.SID.ir



شکل ۱: موقعیت قرارگیری و عکس هوایی تالاب شیرین‌سو در استان همدان

مواد و روش‌ها

نوع این مطالعه کاربردی می‌باشد و به صورت مقطعی انجام پذیرفته است. به طور کلی انجام ارزیابی ریسک در این مطالعه که در سال ۱۳۹۱ صورت گرفت، شامل سه مرحله می‌باشد. در مرحله اول شناسایی ریسک‌ها، مرحله دوم انتخاب شاخص‌ها و روش نمره دهی به ریسک‌ها و در مرحله آخر رتبه بندی و تعیین درجه مخاطره پذیری ریسک‌ها صورت گرفت. در شکل ۲ مراحل انجام ارزیابی ریسک محیطزیستی تالاب شیرین سو ارائه شده است.



شکل ۲: مراحل انجام ارزیابی ریسک محیطزیستی تالاب شیرین سو در سال ۱۳۹۱

در مرحله اول مطالعه، شناسایی ریسک‌های تهدید کننده تالاب شیرین‌سو، با استفاده از بازدیدهای میدانی و مصاحبه با ساکنان محلی و کارشناسان در بخش محیطزیست اداره محیطزیست استان همدان صورت پذیرفت. از مطالعات کتابخانه‌ای و پژوهش‌های مرتبط (آستانی، ۱۳۸۹، و آستانی و همکاران، ۱۳۹۰) نیز استفاده گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

در مرحله دوم، جهت ارزیابی ریسک‌ها از شاخص‌های موجود در روش‌های ارزیابی ریسک به خصوص روش EFMEA استفاده شد. بر اساس مطالعات صورت گرفته، شاخص‌های انتخابی در این پژوهش شامل احتمال وقوع ریسک، شدت ریسک، گستره آلودگی، اهمیت محیط پذیرنده و حساسیت محیط پذیرنده ریسک می‌باشند. به منظور ارزیابی ریسک‌ها لازم است تا نمرات شاخص‌ها (احتمال، شدت و ...) برای هر یک از ریسک‌ها استخراج گردد. در ادامه روش تعیین نمرات برای هر کدام از شاخص‌ها ارائه شده است.

جهت تعیین احتمال وقوع ریسک‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. روش AHP یکی از شناخته‌شده‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است که در حوزه‌های مختلف کاربردی مورد استقبال قرار گرفته است (Saaty, 1995). به طور کلی می‌توان بیان کرد که AHP شامل سه گام اصلی می‌شود: (۱) ایجاد ساختار سلسله مراتبی (۲) مقایسه دوبه‌دو المان‌های ساختار سلسله مراتبی (۳) ارزش‌دهی معیارها. بر اساس رویکرد AHP، موضوع تصمیم‌گیری دارای درختی است که سطح اول آن هدف، سطح آخر گزینه‌های رقیب و سطح یا سطوح میانی شاخص‌های تصمیم خواهند بود. سپس جهت جمع‌آوری داده‌ها باید عناصر موجود در هر سطح به ترتیب از سطوح پایین به بالا نسبت به کلیه عناصر مرتبط در سطوح بالاتر ارزیابی شوند. با تحقیقاتی که توسط Saaty و Vargas (۱۹۹۱) انجام گرفت، یک دامنه برای مقایسه معیارها پیشنهاد شد که شامل مقادیر عددی ۱ تا ۹ می‌شود (جدول ۱) (Saaty and Vargas, 1991). Saaty (۱۹۸۰) یک اندکس منحصر به فردی برای بررسی استحکام ماتریس مقایسه دوبه‌دو مهیا کرد (Saaty, 1980). طبق دانش و تجربیات حاصل از عملی کردن مختلف AHP، Satty و Vagner (۱۹۹۱) پیشنهاد کردند که اگر نسبت استحکام از مقدار «۰/۱» تجاوز کند، نیاز است که ماتریس بازنگری شود (Saaty and Vargas, 1991).

جدول ۱: مقیاس درجه اهمیت برای مقایسه زوجی در AHP (قدسی پور، ۱۳۸۹)

ارزش	(Value)	درجه
کاملاً مرجح	Extremely preferred	۹
ترجیح خیلی قوی	Very Strongly preferred	۷
ترجیح قوی	Strongly preferred	۵
کمی مرجح	Moderately preferred	۳
ترجیح یکسان	Equally preferred	۱
ترجیحات بین فواصل	–	۲،۴،۶،۸

تعیین نمرات شدت ریسک با استفاده از جداول موجود در روش EFMEA صورت پذیرفت (جدول ۲). هر چه ریسک وارده بر تالاب شدت بیشتری داشته باشد و زیان شدیدتری به منابع وارد نماید، نمره بالاتری را دریافت خواهد نمود. جهت استخراج نمرات گستره آلودگی ریسک (یا امکان بازیافت ریسک) نیز از جداول EFMEA استفاده گردید (جدول ۳). اگر ریسک وارده بر تالاب باعث اتلاف منابع تجدید ناپذیر گردد و امکان بازگشت تالاب به حالت طبیعی مشکل‌تر باشد، ریسک نمره بالاتری را دریافت خواهد نمود.

برای تعیین اهمیت محیط پذیرنده ریسک ابتدا بر مبنای اطلاعات شناخت محیطزیست تالاب، منابع و محیط‌های پذیرنده برای هر یک از ریسک‌ها، معرفی شدند. پس از آن تعداد گونه‌ها اعم از جانوری، گیاهی، آبزی و خشکی زی موجود در هر کدام از محیط‌ها مشخص شدند. سپس تعداد مهم‌ترین گونه‌ها (دارای ارزش اکولوژیک یا حفاظتی یا در معرض خطر انقراض) از میان کل گونه‌ها تعیین شدند. در نهایت درصد اهمیت محیط پذیرنده برای هر ریسک محاسبه می‌شود (انوشه و همکاران، ۱۳۹۰). برای استخراج نمرات حساسیت محیط پذیرنده ریسک بر اساس مطالعات صورت گرفته از جدول ۴ استفاده گردید. هر چه محیط پذیرنده ریسک حساسیت بیشتری داشته باشد، ریسک نمره بالاتری را دریافت خواهد نمود (شفیعی، ۱۳۸۹).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲ : مقادیر مربوط به شدت وقوع جنبه‌های ریسک در روش EFMEA (Jozi and Salati, 2012)

شدت	تعریف شدت	امتیاز
فاجعه بار	به صورت بالقوه بسیار خطرناک / زیان شدید به منابع	۵
خطرناک	مضر نیست، اما به صورت بالقوه خطرناک است / زیان شدید به منابع	۴
متوسط	پرخطر / زیان متوسط به منابع	۳
کم	پتانسیل کم آسیب / زیان کم به منابع	۲
ناچیز	زیان کم است و قابل چشم پوشی است / زیان ناچیز به منابع	۱

جدول ۳ : مقادیر مربوط به گستره آلودگی ریسک در روش EFMEA (Jozi and Salati, 2012)

تعریف گستره آلودگی	امتیاز
مصرف منابع تجدید ناپذیر	۵
از بین رفتن منابع تجدید ناپذیر	۴
از بین رفتن منابعی که به سختی قابل تجدید و بهبود می‌باشند	۳
از بین رفتن منابعی که به آسانی قابل تجدید و بهبود می‌باشند	۲
مصرف منابع تجدید پذیر	۱

جدول ۴ : مقادیر مربوط حساسیت محیط پذیرنده (شفیعی، ۱۳۸۹)

تعریف حساسیت محیط پذیرنده	امتیاز
اگر محیط پذیرنده حساسیت خیلی کمی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۱
اگر محیط پذیرنده حساسیت کمی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۳
اگر محیط پذیرنده حساسیت متوسطی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۵
اگر محیط پذیرنده حساسیت زیادی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۷
اگر محیط پذیرنده حساسیت خیلی زیادی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۹

در مرحله سوم این مطالعه جهت تجزیه و تحلیل ریسک‌ها از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد. برای دست‌یابی به هدفی خاص، بیشتر لازم است که تصمیم‌گیرنده، چندین معیار را توأم با هم مورد ارزیابی قرار داده و گزینه‌های تصمیم را بر طبق معیارها بسنجد. چنین فرایندی تصمیم‌گیری چندمعیاره (Multi criteria decision making) نامیده می‌شود (فولادگر، ۱۳۸۶). به‌طور کلی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به دو دسته چندهدفه و چندشاخصه تقسیم می‌شوند (آذر و رجب زاده، ۱۳۸۷). دو دسته عمده از روش‌های مختلف در چندشاخصه شامل مدل‌های جبرانی و غیرجبرانی هستند. مدل غیرجبرانی شامل روش‌هایی است که در آن‌ها مبادله بین شاخص‌ها مجاز نیست. مدل جبرانی مشتمل بر روش‌هایی است که اجازه مبادله در بین شاخص‌ها در آن‌ها مجاز است. مدل‌های جبرانی به سه گروه نمره‌گذاری و امتیازدهی، سازشی و هماهنگ تقسیم می‌شوند (اصغرپور، ۱۳۸۷). با توجه به اینکه بین شاخص‌های انتخاب شده برای اولویت‌بندی ریسک‌های تهدید کننده تالاب امکان مبادله وجود دارد؛ مدل مورد نظر باید از مدل‌های جبرانی انتخاب شود. با توجه به قابل فهم و مورد پذیرش بودن مدل برای تصمیم‌گیران، روش نزدیکی به حالت ایده‌آل (TOPSIS) از زیر گروه سازشی انتخاب شد. در میان هشت روش گروه مدل‌های جبرانی ارزیابی چندمعیاره، روش TOPSIS دارای کم‌ترین نقص در رتبه‌بندی گزینه‌هاست (Zanakis et al, 1998). به منظور وزن‌دهی به شاخص‌های مورد استفاده در TOPSIS، از روش AHP استفاده شد.

Hwang و yoon (۱۹۹۵) روش TOPSIS را پیشنهاد کردند. در این روش m گزینه ($A_1, A_2, ..., A_m$) با n شاخص ($C_1, C_2, ..., C_n$)، ارزیابی می شوند. اساس این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کم‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی داشته باشد (مومنی، ۱۳۸۷). حل مسئله با این روش، مستلزم طی گام‌های زیر است:

Archive of SID

www.SID.ir

۱. بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم با استفاده از بی‌مقیاس‌سازی نورم:

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{J} f_{ij}^2}} \quad j = 1,..., J \quad i = 1,..., n \qquad (۱)$$

۲. تشکیل ماتریس بی‌مقیاس‌موزون (v_{ij}) با ضرب ماتریس بی‌مقیاس‌شده (r_{ij}) در ماتریس قطری وزن‌ها (w_i):

$$v_{ij} = w_i \times r_{ij} \quad j = 1,..., J \quad i = 1,..., n \qquad (۲)$$

w_i وزن شاخص iام است، جمع اوزان شاخص‌ها برابر ۱ است.

۳. تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت (A^*) و منفی (A^-) به صورت زیر:

$$A^* = \{v_1^*,..., v_n^*\} = \{(\max_j v_{ij} | i \in I'), (\min_j v_{ij} | i \in I'')\}, \qquad (۳)$$

$$A^- = \{v_1^-,..., v_n^-\} = \{(\min_j v_{ij} | i \in I'), (\max_j v_{ij} | i \in I'')\}, \qquad (۴)$$

۴. میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی تعیین می‌شود.

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل مثبت (D_j^*) و منفی (D_j^-) به صورت زیر:

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad , \quad j = 1,..., J \qquad (۵)$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad , \quad j = 1,..., J \qquad (۶)$$

۵. تعیین نزدیکی نسبی (C_j^*) یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل:

$$C_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-} \quad , \quad j = 1,..., J \qquad (۷)$$

۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس نزدیکی نسبی(C_j^*) (Opricovic and Tzeng, 2004)، گزینه‌ای که (C_j^*) آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است.

در ادامه پس از تعیین عدد اولویت ریسک با روش TOPSIS، سطوح ریسک با استفاده از روش توزیع نرمال برای هر یک از ریسک‌ها محاسبه و ارزیابی گردید. جهت تعیین درجه مخاطره پذیری، ریسک‌ها به صعودی نزولی مرتب می‌گردند و مؤلفه‌های تعداد رده و طول رده بر اساس رابطه‌های ۸ و ۹ تعیین می‌گردند. پس از آن ریسک‌ها بر اساس این رده‌ها دسته بندی می‌گردند (جوزی و شمس خوزانی، ۱۳۸۹).

$$\text{تعداد رده} = 1 + 3.3\text{Log}n \qquad n = \text{تعداد ریسک} \qquad (۸)$$

$$\text{طول رده} = \frac{\text{کوچک‌ترین مقدار ریسک} - \text{بزرگ‌ترین مقدار ریسک}}{\text{تعداد رده}} \qquad (۹)$$

نتایج

شناسایی ریسک‌های تهدید کننده تالاب مورد مطالعه، در سه محیط فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی اجتماعی صورت پذیرفت. ریسک‌های تهدید کننده تالاب شیرین‌سو با حرف A در جدول ۵ ارائه شده‌اند. در ذیل دلایل و تحلیل‌های مربوط به انتخاب هر یک از ریسک‌های تحت بررسی ارائه می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

خشکسالی و کم شدن آب تالاب: دمای هوا تحت تأثیر گازهای گلخانه‌ای به صورت تدریجی در حال افزایش است و سبب افزایش تبخیر و تعرق و مصرف آب می‌شود و نهایتاً فشار بیشتری به منابع آب تالاب وارد می‌آورد. برداشت آب تالاب جهت فعالیت‌های کشاورزی و احداث چندین حلقه چاه باعث کم آب شدن تالاب می‌گردد.

افزایش PH: مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب این تالاب به علت مجاور بودن با روستاها و زمین‌های کشاورزی، ورود هرز آب‌های حاوی کودهای مورد استفاده در بخش کشاورزی و همچنین ورود سیلاب‌های فصلی (ناشی از ذوب برف‌های کوه‌های اطراف و بارش‌های موسمی) به تالاب، به طور مداوم در حال تغییر می باشد. این تغییرات شرایط زیست را برای انواع ماهیان، گیاهان و پرندگان آبزی موجود در تالاب سخت می‌کند. نتایج مطالعات به طور کلی نشان دهنده ثبات و پایداری PH و قرار گرفتن آن در دامنه قلیایی در آب تالاب در تمام فصول سال می‌باشد. لیکن با ادامه ورود هرز آب‌های کشاورزی و فاضلاب به تالاب این امر همیشگی نمی‌باشد.

کاهش BOD: ورود پساب‌های کشاورزی و روستایی و دفع مواد زاید حاوی مقادیر بالای ترکیبات آلی به تالاب منجر به کاهش BOD تالاب می‌گردد. حداقل اکسیژن محلول مورد نیاز در یک محیط آبی ۲ میلی‌گرم‌برلیتر می‌باشد و تخلیه فاضلاب‌های حاوی ترکیبات آلی در منابع آبی منجر به افزایش مصرف اکسیژن توسط باکتری‌ها می‌شود. این عمل تلاشی برای اکسید کردن فاضلاب است. این مشکل منجر به ناکافی بودن اکسیژن برای ابقای فرم‌های بزرگ‌تر حیات می‌گردد. به علاوه، اکسیژن موجود بسیار مهم است زیرا واکنش مواد شیمیایی و بیوشیمیایی در محیط‌های بدون اکسیژن غالباً منجر به تغییر در رنگ، مزه و بوی آب می‌گردد (Attiogbe *et al.,* 2007).

افزایش نیترات و فسفات: مشاهده بالاترین میزان نیترات در فصل بهار و قبل از شروع فعالیت‌های شدید فتوسنتزی در آب تالاب بیشتر به علت دریافت هرز آب‌های ناشی از مزارع اطراف می‌باشد. با توجه به نتایج مطالعات کاملاً مشخص است که ورود هرز آب‌های کشاورزی، جریان‌های آبی اطراف تالاب و سموم کشاورزی مورد استفاده در مزارع تأثیر قابل توجهی بر افزایش پارامترهای شیمیایی نیترات و فسفات آب تالاب گذاشته و همواره باعث افزایش دامنه نوسان آن‌ها می‌شود (آستانی، ۱۳۸۹).

کم شدن تراکم پوشش گیاهی: پوشش گیاهی مراتع پیرامون تالاب (دامنه‌های شمالی) به صورت مفرط به وسیله دام‌های محلی چرا می‌شوند که این امر باعث کم شدن پوشش گیاهی و تسریع فرسایش خاک می‌شود.

ورود گونه‌های غیر بومی: افراد محلی اقدام به رهاسازی گونه غیر بومی ماهی کپور در تالاب کرده‌اند که به نظر می‌رسد آسیب‌هایی را به همراه داشته باشد. مخصوصاً این آسیب‌ها برای گونه‌هایی که با این گونه‌ی ماهی نیاز زیستی مشابهی دارند رخ خواهد داد.

آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی: توسعه کشاورزی برای پاسخگویی به نیاز روز افزون غذا امری اجتناب ناپذیر است اما در کنار آن پیامدهای ناخواسته برای زندگی انسان‌ها و محیطزیست رخ می‌دهند که نیازمند چاره جویی و اصلاح می‌باشند. از جمله مهم‌ترین پیامدهای نامطلوب توسعه کشاورزی آلودگی آب‌هاست. که استفاده بی رویه کود و سموم و تخلیه پساب‌های کشاورزی در محیط‌های حساس مانند تالاب پدید می‌آید.

کشت زیر پلاستیک روستاییان: کشت زیر پلاستیک برای تولید سبزیجات پیش رس متداول و در منطقه رو به گسترش است. در پایان فصل و با برداشت محصولات، باقیمانده پلاستیک در مزارع رها شده و علاوه بر تخریب چشم انداز، مشکلات محیطزیستی عدیده‌ای به وجود می‌آورد.

استفاده از منابع آب تالاب جهت مصارف کشاورزی: رشد جمعیت و به موازات آن توسعه کشاورزی، که فعالیت اصلی ساکنین حوزه بالادست و پیرامونی تالاب شیرین‌سو است، مهار روان آب‌های سطحی را جهت آب‌های اراضی در پی داشته است. با توجه به اینکه بخشی از آب تالاب به وسیله جریان‌های سطحی ارتفاعات اطراف به ویژه در حوزه جنوب تالاب تأمین می‌گردد، در حال حاضر مهار این جریان‌ها منجر به کاهش آب ورودی به تالاب و در نتیجه کاهش قابل توجه سطح آن شده است. همچنین مزارع مصرف کننده اصلی منابع آب چشمه‌ها و چاه‌ها بوده برداشت فزاینده آب از این منابع به قیمت کاهش منابع آب تالاب شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

تبدیل عرصه‌های تالاب به کاربری کشاورزی: نیاز بیش از پیش به محصولات کشاورزی روستاییان اراضی تالابی بخش‌های جنوبی و جنوب غربی تالاب را برای زراعت مورد استفاده قرار می‌دهند و این امر رو به گسترش می‌باشد.

استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی: تالاب توسط مزارع کشاورزی احاطه شده است و حجم قابل ملاحظه‌ای از مواد شیمیایی (کودها و سموم شیمیایی) در آن‌ها مصرف می‌شود. باقیمانده این مواد همراه با روان آب‌های سطحی و جریان‌های زیرزمینی به دریاچه وارد می‌شود.

آلودگی آب تالاب ناشی از فاضلاب‌های روستایی: روستای شیرین‌سو با فاصله کمی در کنار تالاب قرار گرفته است. فاضلاب‌های خانگی این روستا در چاه‌های سپتیک جمع آوری می‌شود و زباله‌ها نیز بدون مدیریت در فضاهای باز ریخته می‌شوند. تخلیه مستقیم فاضلاب در تالاب امری مشهود است که این امر باعث آلودگی آب تالاب و همچنین افزایش فلزات سنگین در آب و رسوبات می‌شود.

فعالیت معدن سنگ بالا دست و رهاسازی پساب آن در منطقه: معدن سنگی که در قسمت بالای تالاب واقع شده است برای خنک کردن دستگاه‌های برش سنگ به طور بی رویه آب تالاب را برداشت می‌نماید. پساب معدن توسط لوله کشی‌هایی که زیر گیاهان مجاور تالاب روییده است پنهان شده و به طور مخفیانه به سمت تالاب هدایت می‌شود. این امر سبب افزایش فلزات سنگین در آب و رسوبات شده و گاهی موجب مرگ و میر ماهیان تالاب (کپور، سفید) در آن ناحیه می‌گردد.

ورود احشام و بهره برداری از پوشش گیاهی جهت چرای دام: یکی از مشکلات که در تشدید آلودگی آب تالاب نقش داشته ورود گوسفندان به نواحی مجاور تالاب بوده که موجب از بین رفتن پوشش گیاهی تالاب می‌شود. در برخی از فصول چوپانان محلی گوسفندان را در آب تالاب می‌شویند که موجب آلودگی میکروبی آن می‌شود.

سوزاندن نی‌های اطراف تالاب: شکارچیان محلی برای پرواز دادن پرندگان اقدام به سوزاندن نی‌های اطراف تالاب می‌کنند. گاهی نیز مردم محلی به نشانه مخالفت با برخی اقدامات حفاظتی محیطبانان، بسترهای نی را آتش می‌زنند که به دلیل همین آتش سوزی‌ها لانه‌های برخی از پرندگان سوخته و تخم یا جوجه‌های آن‌ها از بین می‌روند.

تغییر کاربری زیستگاه‌های مجاور تالاب: همزمان با توسعه کشاورزی در دشت‌های اطراف تالاب تعداد زیادی چاه غیر مجاز جهت بهره برداری از منابع آب زیرزمینی حفر شده است. به این ترتیب بیلان سفره آب زیرزمینی منطقه با گرایش منفی روبرو شده و تأثیراتی را در تالاب بروز داده است. اگر چه بستر تالاب دارای بافت سنگین و تقریباً نفوذ ناپذیری است، اما ایجاد اختلال در آب‌های زیرزمینی، جذب شدید روان آب‌های سطحی را به ویژه در فصول خشک در پی داشته و به این ترتیب حجم آب ورودی به تالاب بیش از پیش کاهش خواهد یافت. به موازات کاهش آب ورودی و در نتیجه کاهش چشمگیر سطح تالاب، به تدریج تجاوز ساکنین روستاهای اطراف به محدوده تالاب و تبدیل اراضی حاشیه‌ای آن موجب دگرگونی سیمای طبیعی آن شده است.

تجاوز به اراضی واقع در حریم تالاب: در بخش‌های جنوبی و جنوب غربی تالاب، روستاییان اراضی تالابی را برای زراعت مورد استفاده قرار می‌دهند که موضوع اصلی اختلاف بین افراد محلی و اداره محیط زیست است و نیازمند رسیدگی دقیق و حل معقول اختلاف می‌باشد.

آلودگی‌ها و مزاحمت‌های تولید شده توسط گردشگران و بازدیدکنندگان: عدم پتانسیل یابی و مکان یابی مناطق مستعد طبیعت گری با حداقل ریسک تخریب محیطزیستی و ورود بازدیدکنندگان به مناطق حساس منجر به رها سازی زباله‌ها در محل و آلودگی‌های زیست محیطی شده است. همچنین ایجاد سرو صدا توسط افراد بومی که با موتور رفت و آمد می‌کنند باعث استرس در پرندگان و دیگر موجودات بوم سازگان آبی می‌گردد.

صید و صیادی: ماهیان تالاب شامل کپور معمولی، ماهی سفید، گوپی و گامبوزیا یا پشه ماهیان می‌شوند. صید بی رویه ماهی سبب می شود که به ذخایر و منابع ماهی فشار و آسیب زیادی وارد شود.

شکار غیر مجاز: بر اساس مطالعات صورت گرفته در مجموع ۹۳ گونه پرنده از ۱۴ خانواده در منطقه شناسایی گردیدند. بیشترین تنوع گونه‌ای مربوط به خانواده Scolopacidae و Anatidae می‌باشد که به تعداد یکسان و ۲۲ گونه از هر کدام از این خانواده‌ها در منطقه حضور دارند. ۷ گونه از پرندگان در خطر انقراض جهانی و همچنین از نظر قوانین ملی ایران ۴ گونه حمایت شده و حفاظت شده می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

علی رغم ممنوعیت شکار، در فصل تولید مثل پرندگان نیز شکار صورت می‌گیرد. گاهگاه پرندگان غیر مأکول نیز مورد تیراندازی قرار می‌گیرند که در تناقض با پایداری محیط زیست است.

پس از شناسایی ریسک‌ها، در این مطالعه از روش TOPSIS جهت رتبه بندی ریسک‌ها استفاده شده است. اولین مرحله در TOPSIS، تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری است. در ردیف‌های این ماتریس گزینه‌ها (ریسک‌ها) و در ستون‌ها شاخص‌هایی که گزینه‌ها بر اساس آن‌ها رتبه‌بندی می‌شوند، قرار دارند. به‌منظور انتخاب شاخص‌های مناسب، شاخص‌های موجود در ارزیابی ریسک محیطزیستی در مراجع ملی و بین‌المللی مورد بررسی قرار گرفتند. پس از بررسی انواع و میزان تکرار شاخص‌ها و همچنین روش تعیین نمره این شاخص‌ها، پنج شاخص احتمال وقوع ریسک (C_1)، شدت ریسک (C_2)، گستره آلودگی ریسک (C_3)، اهمیت محیط پذیرنده ریسک (C_4) و حساسیت محیط پذیرنده ریسک (C_5) برای رتبه‌بندی ریسک‌ها با استفاده از مدل TOPSIS، انتخاب شدند. در نهایت ماتریس تصمیم‌گیری با ۲۰ ردیف (ریسک‌ها) با حرف A و ۵ ستون (شاخص‌ها) با حرف C تشکیل گردید. از آنجا که لازم است ارزش کلیه شاخص‌ها به صورت کمّی وارد ماتریس تصمیم مدل پیشنهادی شود، در این تحقیق بر اساس روش‌های موجود، مقیاس عددی برای هر شاخص تعریف شد.

به منظور تعیین نمره‌ی احتمال ریسک‌های محیطزیستی تهدید کننده تالاب مورد مطالعه، ساختار سلسله مراتبی ریسک‌ها رسم گردید. در این ساختار سطح اول هدف با ارجحیت واحد می‌باشد. در سطح دوم ریسک‌های محیطزیستی به سه بخش محیط بیولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و اقتصادی اجتماعی تقسیم می‌گردد. در نهایت سطح آخر شامل ریسک‌ها می‌باشد. ماتریس های مقایسات زوجی با دانش کارشناسان تکمیل گردید و وارد نرم افزار Expert Choice گردید. در نهایت با دستور Synthesize این نرم افزار ادغام و اوزان نهایی یعنی نمره احتمال وقوع هر ریسک به دست آمد (جدول ۵). جهت تعیین اهمیت محیط پذیرنده ریسک، مطابق روش کار منابع و محیط‌های پذیرنده برای هر یک از ریسک‌ها، تعداد کل گونه‌ها و گونه‌های دارای ارزش اکولوژیک یا حفاظتی یا در معرض خطر انقراض تعیین شد. به عنوان مثال در جدول ۶ تعیین اهمیت محیط پذیرنده برای ریسک خشکسالی و کم شدن آب تالاب ارائه شده است. برای تعیین نمره سایر شاخص‌ها از جداول مربوط به هر شاخص که در روش کار ارائه شده، استفاده گردید. برای نمونه، چنانچه ریسکی باعث زیان شدید به منابع گردد، منابع تجدید ناپذیر را از بین ببرد و محیط پذیرنده حساسیت زیادی نسبت به آن داشته باشد به‌ترتیب نمره‌های ۵، ۴ و ۷ را دریافت خواهد کرد.

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و بی‌مقیاس‌سازی آن (رابطه ۱)، در گام بعد ماتریس بی‌مقیاس موزون تعیین می‌شود. برای به‌دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون، لازم است که اوزان شاخص‌های تصمیم را محاسبه و در ماتریس بی‌مقیاس شده (r_{ij}) ضرب کرد (رابطه ۲). در این پژوهش وزن شاخص‌ها با استفاده از روش AHP محاسبه شد (جدول ۷). ماتریس بی‌مقیاس‌موزون در جدول ۸ ارائه شده‌است. برای ایده‌آل مثبت بیشترین مقدار عددی هر ستون و برای ایده‌آل منفی کمترین مقدار عددی هر ستون از ماتریس بی‌مقیاس‌موزون در نظر گرفته شده است (جدول ۹). فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی با استفاده از رابطه‌های ۵ و ۶ محاسبه شد. در نهایت با تعیین نزدیکی نسبی (C_j^*) هر یک از گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل (رابطه ۷)، رتبه‌بندی ریسک‌های تهدید کننده تالاب شیرین‌سو انجام شد که در جدول ۱۰ ارائه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵ : نتایج شناسایی ریسک‌های تهدید کننده تالاب شیرین‌سو و احتمال آن‌ها (۱۳۹۱)

سطح اول (هدف)	سطح دوم (محیط پذیرنده)		سطح سوم (ریسک‌ها)	وزن نسبی	وزن نهایی
تعیین احتمال ریسک‌های محیط‌زیستی تالاب شیرین‌سو	فیزیکوشیمیایی (۰/۳۴۹)	A۱	خشکسالی و کم شدن آب تالاب	۰/۱۱۹	۰/۰۲۰
		A۲	افزایش PH	۰/۱۶۹	۰/۰۷۷
		A۳	کاهش BOD	۰/۴۵۱	۰/۰۲۹
		A۴	افزایش نیترات و فسفات	۰/۲۶۱	۰/۰۴۵
	بیولوژیکی (۰/۱۶۸)	A۵	کم شدن تراکم پوشش گیاهی	۰/۶۶۷	۰/۰۳۷
		A۶	ورود گونه‌های غیر بومی	۰/۳۳۳	۰/۰۱۹
		A۷	آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی	۰/۰۹۴	۰/۰۷۳
		A۸	کشت زیر پلاستیک روستاییان	۰/۰۵۸	۰/۰۴۵
		A۹	استفاده از منابع آب تالاب جهت مصارف کشاورزی	۰/۰۶۶	۰/۰۵۱
		A۱۰	تبدیل عرصه‌های تالاب به کاربری کشاورزی	۰/۰۷۵	۰/۰۵۸
		A۱۱	استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی	۰/۰۶۱	۰/۰۴۷
		A۱۲	آلودگی آب تالاب ناشی از فاضلاب‌های روستایی	۰/۱۳۸	۰/۱۰۷
	اقتصادی اجتماعی (۰/۴۸۴)	A۱۳	فعالیت معدن سنگ بالا دست و رهاسازی پساب آن در منطقه	۰/۱۰۹	۰/۰۸۵
		A۱۴	ورود احشام و بهره برداری از پوشش گیاهی جهت چرای دام	۰/۰۴۴	۰/۰۳۴
		A۱۵	سوزاندن نی‌های اطراف تالاب	۰/۰۴۹	۰/۰۳۸
		A۱۶	تغییر کاربری زیستگاه‌های مجاور تالاب	۰/۰۶۱	۰/۰۴۷
		A۱۷	تجاوز به اراضی واقع در حریم تالاب	۰/۰۷۰	۰/۰۵۴
		A۱۸	آلودگی‌ها و مزاحمت‌های تولید شده توسط گردشگران و بازدیدکنندگان	۰/۰۵۲	۰/۰۴۰
		A۱۹	صید و صیادی	۰/۰۳۹	۰/۰۳۰
		A۲۰	شکار غیر مجاز	۰/۰۸۳	۰/۰۶۴

جدول ۶: تعیین اهمیت محیط پذیرنده ریسک خشکسالی و کم شدن آب تالاب (۱۳۹۱)

محیط پذیرنده ریسک	ریسک	منبع متأثر از ریسک	گونه‌های متأثر از ریسک	جمع بندی	درصد
فیزیکوشیمیایی	خشکسالی و کم شدن آب تالاب	– آبزیان و پرندگان – گیاهان آبزی – پستانداران و خزندگان وابسته به تالاب – زیستگاه آبی	آبزیان: ۴ گونه ماهی، ۱ گونه ماهی غیر بومی گیاهان: ۲ گونه خشکی و ۳ گونه آبزی پرنده : از ۹۳ گونه، ۷ گونه آسیب پذیر–۱ گونه در خطر انقراض– ۴ گونه در شرف تهدید–۴ گونه حمایت شده و حفاظت شده (مجموعاً ۱۶ گونه) پستانداران و خزندگان: ۳ گونه پستاندار و ۲ گونه خزنده، (۱ گونه خزنده حفاظت شده) زیستگاه آبی: زیستمندان کنارآبزی در بین منابع خشکی بیشترین تأثیرپذیری را دارند.	جمعاً ۱۰۸ گونه ۱۷ گونه دارای ارزش حفاظتی	۱۵/۷۴

جدول ۷: اوزان نهایی شاخص‌ها به‌منظور رتبه‌بندی ریسک‌ها

شاخص	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
وزن	۰/۱۲۱	۰/۱۷۰	۰/۲۴۸	۰/۱۷۲	۰/۲۸۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸: ماتریس نرمالیزه شده‌ی وزین

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A۱	۰/۰۰۹۹	۰/۰۴۳۹	۰/۰۵۶۲	۰/۰۳۶۸	۰/۰۸۳۴	A۱۱	۰/۰۲۲۳	۰/۰۲۹۳	۰/۰۵۶۲	۰/۰۱۲۳	۰/۰۵۰۱
A۲	۰/۰۳۸۲	۰/۰۲۹۳	۰/۰۵۶۲	۰/۰۲۴۵	۰/۰۱۶۷	A۱۲	۰/۰۵۳۱	۰/۰۵۸۵	۰/۰۷۵۰	۰/۰۷۳۶	۰/۱۱۶۸
A۳	۰/۰۱۴۴	۰/۰۲۹۳	۰/۰۵۶۲	۰/۰۲۴۵	۰/۰۵۰۱	A۱۳	۰/۰۴۲۲	۰/۰۵۸۵	۰/۰۷۵۰	۰/۰۸۵۹	۰/۱۱۶۸
A۴	۰/۰۲۲۳	۰/۰۲۹۳	۰/۰۵۶۲	۰/۰۱۹۶	۰/۰۵۰۱	A۱۴	۰/۰۱۶۹	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۸۷	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۶۷
A۵	۰/۰۱۸۴	۰/۰۲۹۳	۰/۰۳۷۵	۰/۰۱۲۳	۰/۰۵۰۱	A۱۵	۰/۰۱۸۹	۰/۰۲۹۳	۰/۰۳۷۵	۰/۰۲۴۵	۰/۰۵۰۱
A۶	۰/۰۰۹۴	۰/۰۲۹۳	۰/۰۵۶۲	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۶۷	A۱۶	۰/۰۲۲۳	۰/۰۴۳۹	۰/۰۵۶۲	۰/۰۲۴۵	۰/۰۵۰۱
A۷	۰/۰۳۶۵	۰/۰۵۸۵	۰/۰۷۵۰	۰/۰۸۵۹	۰/۰۸۳۴	A۱۷	۰/۰۲۶۸	۰/۰۴۳۹	۰/۰۵۶۲	۰/۰۲۴۵	۰/۰۵۰۱
A۸	۰/۰۲۲۳	۰/۰۲۹۳	۰/۰۳۷۵	۰/۰۱۲۳	۰/۰۵۰۸	A۱۸	۰/۰۱۹۹	۰/۰۲۹۳	۰/۰۳۷۵	۰/۰۱۹۶	۰/۰۱۶۷
A۹	۰/۰۲۵۳	۰/۰۴۳۹	۰/۰۵۶۲	۰/۰۲۴۵	۰/۰۸۳۴	A۱۹	۰/۰۱۴۹	۰/۰۱۴۶	۰/۰۳۷۵	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۶۷
A۱۰	۰/۰۲۸۸	۰/۰۲۹۳	۰/۰۷۵۰	۰/۰۱۹۶	۰/۰۸۳۴	A۲۰	۰/۰۳۱۸	۰/۰۴۳۹	۰/۰۵۶۲	۰/۰۴۹۱	۰/۰۸۳۴

جدول ۹: ایده‌آل‌های مثبت و منفی حاصل از ماتریس بی‌مقیاس شده وزین

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A^*	۰/۰۵۳۱	۰/۰۵۸۵	۰/۰۷۵۰	۰/۰۸۵۹	۰/۱۱۶۸
A^-	۰/۰۰۹۴	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۸۷	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۶۷

جدول ۱۰: نتایج حاصل از رتبه‌بندی ریسک‌های تهدید کننده تالاب شیرین‌سو (۱۳۹۱)

ریسک	D_j^*	D_j^-	C_j^*	رتبه	ریسک	D_j^*	D_j^-	C_j^*	رتبه
A۱	۰/۰۷۷۱	۰/۰۸۵۵	۰/۵۲۵۹	۵	A۱۱	۰/۱۰۹۴	۰/۰۵۴۱	۰/۳۳۰۹	۱۲
A۲	۰/۱۲۳۳	۰/۰۵۱۰	۰/۲۹۲۴	۱۳	A۱۲	۰/۰۱۲۳	۰/۱۴۴۲	۰/۹۲۱۶	۲
A۳	۰/۱۰۴۵	۰/۰۵۳۹	۰/۳۴۰۴	۱۱	A۱۳	۰/۰۱۰۹	۰/۱۴۷۰	۰/۹۳۰۹	۱
A۴	۰/۱۰۴۹	۰/۰۵۴۴	۰/۳۴۱۴	۱۰	A۱۴	۰/۱۴۷۸	۰/۰۰۷۴	۰/۰۴۸۰	۲۰
A۵	۰/۱۱۵۵	۰/۰۴۱۹	۰/۲۶۶۴	۱۶	A۱۵	۰/۱۰۷۹	۰/۰۴۳۸	۰/۲۸۸۷	۱۴
A۶	۰/۱۳۶۲	۰/۰۴۰۲	۰/۲۲۸۱	۱۷	A۱۶	۰/۰۹۸۳	۰/۰۶۱۰	۰/۳۸۲۸	۹
A۷	۰/۰۳۷۵	۰/۱۲۵۳	۰/۷۷۰۷	۳	A۱۷	۰/۰۹۷۳	۰/۰۶۱۹	۰/۳۸۸۶	۸
A۸	۰/۱۱۳۹	۰/۰۴۳۶	۰/۲۷۶۶	۱۵	A۱۸	۰/۱۳۳۳	۰/۰۲۷۰	۰/۱۶۸۳	۱۸
A۹	۰/۰۷۸۸	۰/۰۸۴۴	۰/۵۱۷۰	۷	A۱۹	۰/۱۴۲۲	۰/۰۱۹۵	۰/۱۲۰۷	۱۹
A۱۰	۰/۰۸۳۴	۰/۰۹۰۹	۰/۵۲۱۶	۶	A۲۰	۰/۰۵۹۱	۰/۰۹۲۶	۰/۶۱۰۵	۴

نتایج حاصل از رتبه‌بندی ریسک‌های تهدید کننده تالاب شیرین‌سو با استفاده از TOPSIS حاکی از آن است که فعالیت معدن سنگ بالا دست و رهاسازی پساب آن در منطقه، و آلودگی آب تالاب ناشی از فاضلاب‌های روستایی در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند. با توجه به نزدیکی محل معدن سنگ و روستای شیرین‌سو به تالاب و رهاسازی پساب این دو مکان بدون هیچ تصفیه ایی به تالاب، راهکارهای کاهش آثار سوء می‌بایست با جدیت انجام گیرند. آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و شکار غیر مجاز پرندگان در رتبه‌های سوم و چهارم قرار دارند. ورود احشام و بهره برداری از پوشش گیاهی جهت چرای دام از لحاظ اهمیت آخرین رتبه را کسب کرده است.

پس از تعیین عدد اولویت ریسک با روش TOPSIS، جهت تعیین درجه مخاطره پذیری ریسک‌ها مؤلفه‌های تعداد رده و طول رده بر اساس رابطه‌های ۸ و ۹ تعیین گردید. در این مطالعه بر اساس تعداد ریسک‌ها (n=۲۰)، تعداد رده ۵ و طول رده بر اساس کمترین عدد

Archive of SID

www.SID.ir

ریسک (۰/۰۴۸۰) و بیشترین عدد ریسک (۰/۹۳۰۹)، ۰/۱۷۶۶ تعیین گردید. سپس بر اساس میزان (C_j^*) هر ریسک، ریسک‌ها در این رده‌ها قرار گرفتند. در جدول ۱۱ سطوح درجه مخاطره پذیری ریسک‌های تهدید کننده تالاب شیرین‌سو ارائه شده است.

نتایج حاصل از محاسبات تعیین درجه مخاطره پذیری در این بخش نشان داد که بیشترین اعداد اولویت ریسک یا ۸ مورد از اعداد اولویت ریسک در حدود رده (۰/۰۴۷۹– ۰/۲۲۴۵) یعنی جزیی قرار گرفته‌اند. بر اساس این جدول می‌توان اولویت‌های مدیریتی جهت کنترل ریسک‌ها را برنامه ریزی نمود. البته ذکر این مورد ضروری است که طی سال‌های آتی و بر اثر عدم مدیریت صحیح تالاب ممکن است حتی ریسک‌هایی که در رده جزیی قرارگرفته‌اند نیز مشکل ساز گردند.

جدول ۱۱: تعیین سطوح درجه مخاطره پذیری ریسک‌های تهدید کننده تالاب شیرین‌سو (۱۳۹۱)

تعریف رده	حدود رده	ریسک		C_j^*	فراوانی ریسک‌ها در رده
غیر قابل تحمل	۰/۹۳۰۹ –۰/۷۵۴۳	فعالیت معدن سنگ بالا دست و رهاسازی پساب آن در منطقه	A۱۳	۰/۹۳۰۹	۳
		آلودگی آب تالاب ناشی از فاضلاب‌های روستایی	A۱۲	۰/۹۲۱۶	
		آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی	A۷	۰/۷۷۰۷	
قابل توجه	۰/۷۵۴۳ –۰/۵۷۷۷	شکار غیر مجاز	A۲۰	۰/۶۱۰۵	۱
متوسط	۰/۵۷۷۷ –۰/۴۰۱۱	خشکسالی و کم شدن آب تالاب	A۱	۰/۵۲۵۹	۳
		تبدیل عرصه‌های تالاب به کاربری کشاورزی	A۱۰	۰/۵۲۱۶	
		استفاده از منابع آب تالاب جهت مصارف کشاورزی	A۹	۰/۵۱۷۰	
		تجاوز به اراضی واقع در حریم تالاب	A۱۷	۰/۳۸۸۶	
		تغییر کاربری زیستگاه‌های مجاور تالاب	A۱۶	۰/۳۸۲۸	
قابل تحمل	۰/۴۰۱۱ –۰/۲۲۴۵	افزایش نیترات و فسفات	A۴	۰/۳۴۱۴	۵
		کاهش BOD	A۳	۰/۳۴۰۴	
		استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی	A۱۱	۰/۳۳۰۹	
		افزایش PH	A۲	۰/۲۹۲۴	
		سوزاندن نی‌های اطراف تالاب	A۱۵	۰/۲۸۸۷	
		کشت زیر پلاستیک روستاییان	A۸	۰/۲۷۶۶	
		کم شدن تراکم پوشش گیاهی	A۵	۰/۲۶۶۴	
جزیی	۰/۲۲۴۵ –۰/۰۴۷۹	ورود گونه‌های غیر بومی	A۶	۰/۲۲۸۱	۸
		آلودگی‌ها و مزاحمت‌های تولید شده توسط گردشگران و بازدیدکنندگان	A۱۸	۰/۱۶۸۳	
		صید و صیادی	A۱۹	۰/۱۲۰۷	
		ورود احشام و بهره برداری از پوشش گیاهی جهت چرای دام	A۱۴	۰/۰۴۸۰	

Archive of SID

www.SID.ir

بحث و نتیجه گیری

روش‌های متنوعی برای ارزیابی ریسک محیطزیستی وجود دارد که هر یک دارای مزایا و معایبی وابسته به محیط مورد مطالعه‌اند؛ بنابراین نمی‌توان روشی را با اطمینان رد یا تأیید کرد. با به کارگیری روش‌های نوین در ارزیابی ریسک‌ها می‌توان تا حدود قابل ملاحظه‌ای از شدت بروز ریسک‌ها و به تبع آن از خسارات و زیان‌های وارده بر محیطزیست کاست و در راستای نیل به توسعه پایدار حرکت نمود.

در تحقیقی که در موضوع مشابه تحقیق حاضر می‌باشد؛ به منظور تجزیه و تحلیل ریسک‌های تهدید کننده منطقه حفاظت شده حله از روش AHP استفاده شد. نمره هر سه شاخص شدت، احتمال و حساسیت محیط پذیرنده با استفاده از AHP محاسبه گردید. سپس با همان روش ادغام گردیدند و رتبه بندی ریسک‌های تهدید کننده منطقه حفاظت شده حله بدست آمد (جوزی و شفیعی، ۱۳۸۸). مطالعه‌ای جهت ارزیابی ریسک‌های محیطزیستی واحد گاز نیروگاه حرارتی شهید مدحج زرگان اهواز صورت پذیرفت. در این مطالعه ریسک‌ها بر اساس سه شاخص شدت، احتمال و گستره آلودگی تجزیه و تحلیل شدند. جهت تعیین نمره احتمال ریسک از AHP و برای سایر شاخص‌ها از جداول موجود در روش EFMEA استفاده شد. در ادامه عدد اولویت ریسک از حاصل‌ضرب شاخص‌های مذکور تعیین و سطوح ریسک با استفاده از روش توزیع نرمال برای ریسک‌ها محاسبه گردید (جوزی و شمس خوزانی، ۱۳۸۹).

همچنین در مطالعه ایی دیگر در ارزیابی ریسک واحد مصارف صنعتی تصفیه خانه آب اهواز از روش تطبیقی HAZOP با مدل TOPSIS استفاده شد. در این مطالعه ابتدا با روش HAZOP و سه شاخص احتمال، شدت و میزان مواجهه با ریسک، ریسک‌های مهم انتخاب گردیدند. سپس بر اساس این ریسک‌ها، واحدهای مختلف تصفیه خانه از نظر میزان ریسک پذیری با استفاده از TOPSIS رتبه بندی شدند. در این مطالعه ریسک‌ها به عنوان شاخص و واحدهای مختلف تصفیه خانه به عنوان گزینه‌ها در نظر گرفته شدند (ابراهیمیان دهاقانی و خادمی مال امیری، ۱۳۸۹).

در مطالعه‌ای دیگر در ارزیابی ریسک‌های محیطزیستی سد رودبار لرستان در فاز ساختمانی، از ELECTERE و SAW از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد. شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل احتمال، شدت، حساسیت محیط پذیرنده و میزان مواجهه با ریسک بودند. نمره احتمال ریسک‌ها از AHP استخراج گردید (انوشه و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین برای تجزیه و تحلیل خطرات ناشی از اجزا جهت کنترل کیفیت و جلوگیری از مصرف مولد خطرناک الکترونیکی در تایوان از روش FMEA و در محاسبه عدد ریسک از روش AHP نیز کمک گرفته شده است (Allen *et al.*, 2009). در نهایت در تحقیقی روش‌های مناسب تصمیم گیری چند شاخصه برای حل مسئله رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه معرفی شد و کاربرد این رویکرد در رتبه‌بندی ریسک‌های پروژهٔ واقعی صنعت انرژی در کشور با استفاده از روش TOPSIS نشان داده شد. نتایج نشان داد که می‌توان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، عوامل ریسک را ارزیابی کرد. بدین صورت که در یک ساختار تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، بجای گزینه‌ها، ریسک‌های مختلف و بجای شاخص‌های تصمیم‌گیری نیز شاخص‌های ارزیابی ریسک مانند شدت اثر و احتمال وقوع و ... قرار بگیرند (عاملی و همکاران، ۱۳۸۶).

Archive of SID

www.SID.ir

در این مقاله بر خلاف مطالعه ابراهیمیان دهاقانی و خادمی مال امیری (۱۳۸۹) و مطابق نظر جبل عاملی و همکاران (۱۳۸۶)، تجزیه و تحلیل ۲۰ ریسک محیطزیستی تهدیدکننده تالاب شیرین‌سو به عنوان گزینه با در نظر گرفتن ۵ شاخص و با استفاده از روش TOPSIS، از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، انجام گرفت.

مانند مطالعه رحیمی بلوچی و ملک محمدی (۱۳۹۰) در این مطالعه رتبه‌بندی ریسک‌ها صورت پذیرفت و اولویت‌های مدیریتی مشخص گردید. مطابق اکثر مطالعات مورد بررسی مانند لاری و همکاران (۱۳۹۰) و جوزی و شمس خوزانی (۱۳۸۹)، در این مطالعه نیز از شاخص‌های متعددی جهت نمره‌دهی به ریسک‌ها استفاده شد و تعیین نمره احتمال ریسک نیز با استفاده از AHP صورت پذیرفت.

در اکثر مطالعات خارجی که در این مقاله ذکر شده است AHP یا به عنوان روش تعیین وزن شاخص‌ها استفاده گردیده یا به طور کلی به منظور رتبه‌بندی استفاده شده است. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله AHP ضمن امتیازدهی به معیارها، روش‌هایی برای کمی سازی ذهنی و قضاوت‌های عینی هستند. این گونه تکنیک‌ها، اغلب نسبت به زمانی که فقط یک تصمیم‌گیرنده وجود دارد، ترجیح داده می‌شوند و از آنجا که تصمیمات اتخاذ شده بر همه جامعه اثرگذار بوده، مناسب‌تر است که تصمیم‌گیری نهایی با مشارکت کارشناسان از نواحی مختلف، به شکل تیم مطالعاتی، اتخاذ شود (جوزی و همکاران، ۱۳۸۹).

مطابق نتایج مطالعه انوشه و همکاران (۱۳۹۰)، استفاده از ELECTRE در ارزیابی ریسک منجر به حذف برخی از ریسک‌ها خواهد شد و به همین دلیل در این مطالعه از این روش استفاده نگردید. بر خلاف روش کار جوزی و شفیعی (۱۳۸۸) در این مطالعه و در ارزیابی ریسک تالاب، نمره هر شاخص با استفاده از روش های متفاوت محاسبه گردید سپس با روش TOPSIS رتبه‌بندی صورت گرفت. به این دلیل که AHP قادر به تعیین نمره تمام شاخص‌ها نمی باشد. در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که روش TOPSIS با بهره‌گیری از نظرات کارشناسان، قابلیت رتبه بندی بی نهایت ریسک بر اساس بی نهایت شاخص را دارا می‌باشد و نتایجی نزدیک‌تر به واقعیت ارائه می‌دهد. این روش با استفاده نرم افزارهای صفحه گسترده از محاسبات طولانی و خسته کننده اجتناب کرده و خروجی آن به صورت رتبه‌بندی است.

نویسندگان این مقاله معتقدند، مسئولان مدیریتی تالاب شیرین‌سو قادر خواهند بود با توجه به اولویت بندی عوامل ریسک، به مدیریت و اولویت بندی اقدامات کنترلی اصلاحی در تالاب شیرین‌سو بپردازند.

سپاسگذاری

بدین وسیله نویسندگان مقاله نهایت تشکر و قدرشناسی خود را از مدیر کل محترم، معاونت محیط طبیعی و کارشناسان محترم اداره کل حفاظت محیط زیست استان همدان و شهرستان کبودرآهنگ که ما را در انجام این مقاله یاری دادند ابراز می‌دارند.

منابع

آذر، ع.، و رجب زاده، ع.، ۱۳۸۷. تصمیم‌گیری کاربردی (رویکرد M.A.D.M). چاپ سوم، تهران: نگاه دانش. ۱۲۰ ص.

آستانی، س.، ۱۳۸۹. حفاظت از زیستگاه‌ها و مدیریت اکوسیستم‌های تالابی با ارزیابی آلودگی در آن‌ها (مطالعه موردی تالاب شیرین‌سو). دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، زنجان.

Archive of SID

www.SID.ir

ابراهیمیان دهاقانی، م.، و خادمی مال امیری، م.ا.، ۱۳۸۹. ارزیابی و الویت بندی ریسک واحد مصارف صنعتی تصفیه خانه آب اهواز با استفاده از روش تطبیقی تصمیم‌گیری چند معیاره و HAZOP با مدل TOPSIS و ارائه راهکارهای کنترل و بهبود. پنجمین همایش ملی بحران‌های زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن‌ها. اهواز.

اصغرپور، م ج.، ۱۳۸۷. تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره. چاپ ششم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

اللهیاری، ت.، ۱۳۸۴. آنالیز خطر و ارزیابی ریسک در فرآیندهای شیمیایی، انتشارات فن آوران.

انوشه، ز.، ملماسی، س. و جوزی، سید ع.، ۱۳۹۰. اولویت بندی ریسک های محیط زیستی فاز ساختمانی سد رودبار لرستان به روش SAW و ELECTRE. اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی سد و نیروگاههای برق آبی. تهران.

بهروزی راد، ب.، ۱۳۸۷. تالاب‌های ایران، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ص ۱.

جان قربان، ش.، ۱۳۸۷. ارزیابی و مدیریت ریسک محیط زیستی مناطق حساس اکولوژیک با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره -مطالعه موردی، منطقه حفاظت شده موند، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی -واحد علوم و تحقیقات اهواز.

جبل عاملی، م.س.، رضایی فر، آ. و لنگرودی، ع.، ۱۳۸۶. رتبه بندی ریسک پروژه با استفاده از فرآیند تصمیم گیری چند شاخصه، نشریه دانشکده فنی، ۴۱ (۷): ۸۶۳-۸۷۱

جوزی، سید ع.، و شفیعی، م.، ۱۳۸۸. تجزیه و تحلیل ریسک‌های محیط زیستی منطقه حفاظت شده حله بوشهر با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP). پژوهش‌های مجله علوم و فنون دریایی. ۴ (۳): ۲۱-۳۶.

جوزی، سید ع.، و شمس خوزانی، ن.، ۱۳۸۹. ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی واحد گاز نیروگاه حرارتی شهید مدحج زرگان اهواز به روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن بر محیط‌زیست (EFMEA). پنجمین همایش ملی بحران‌های زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن‌ها، اهواز.

جوزی، سید ع.، حسینی، سید ح.، خیاط زاده، ع. و طبیب شوشتری، م.، ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل ریسک‌های فیزیکی سد بالارود خوزستان در مرحلهٔ ساختمانی با استفاده از روش تصمیم گیری چند شاخصه. محیط شناسی، ۵۶ : ۲۵-۳۸.

خاوی، پ. و عبدالشاه، م.، ۱۳۸۷. تعریف شاخص جدید در ایمنی کار با دستگاه با استفاده از متدلوژی AHP در حل مسائل مربوط به تجزیه و تحلیل نقاط شکست (FMEA)، اولین کنفرانس بین‌المللی جایگاه ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست در سازمان‌ها. اصفهان.

رحیمی بلوچی، ل. و ملک محمدی، ب.، ۱۳۹۰. ارزیابی ریسک محیط زیستی تالاب بین المللی شادگان به منظور ارائه راهکارهای مدیریتی، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، رشته برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشگاه تهران. دانشکده محیط زیست.

رضا زاده نیاورانی، م.، ۱۳۸۳. کاربرد روش FMEA در شناسایی و ارزیابی جنبه‌های زیست محیطی و معرفی EFMEA، ماهنامه روش، ۸۸: ص ۲۰.

سواری، ا.، نبوی، م ب. و بوستان زاده.، ۱۳۸۳. بررسی بحران در کیفیت آب تالاب بامدژ با تاکید بر شاخص نظام کیفیت آب و پارامترهای نیترات، فسفات، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بحران‌های زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن، اهواز.

شفیعی، م.، ۱۳۸۹. ارزیابی ریسک محیط‌زیستی منطقه حفاظت شده حله با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی– واحد علوم و تحقیقات اهواز.

صفاریان، ش. و جوزی، س.ع.، ۱۳۹۰. تجزیه و تحلیل ریسک‌های محیط زیستی نیروگاه گازی آبادان با استفاده از روش TOPSIS. مجله محیط شناسی، ۵۸: ۵۳-۶۶.

فولادگر، م.، ۱۳۸۶. طراحی سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS) در مدیریت منابع آب در حوضه‌های آبریز ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. تهران. دانشگاه تربیت مدرس.

قدسی پور، س.ح.، ۱۳۸۹. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، چاپ هشتم، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

لاری بقال، س.م.، جعفرزاده حقیقی فرد، ن. و رفیعی، م.، ۱۳۹۰. کاربرد EFMEA در ارزیابی ریسک زیست محیطی: مورد کاوی لایروبی اسکله های بندر امام خمینی. فصلنامه تالاب– دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۳(۹): ۳-۱۴.

مومنی، م.، ۱۳۸۷. مباحث نوین تحقیق در عملیات، چاپ دوم، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ص ۴۰.

Allen, H.H., Chia-Wei, H., Tsai-Chi, K., Wei-Cheng, W., 2009. Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP. Expert system with application. 36:7142-7147.

Attiogbe, F.K., Glover-Amengor, M, and Nyadziehe, K.T., 2007. Correlating biochemical and chemical oxygen demand of effluents - a case study of selected industries in Kumasi, Ghana. W.Afr. Applied Ecology. 11: 110-118.

Cahyani, S., 2003. Risk Management Strategy of Power Generation of PT -Indonesia Power. ISAHP. 7:PP.7-9.

Heller, S., 2006. Managing Industrial Risk-having a Tasted and Proven System to Prevent and Assess Risk. Hazardous Material. 130(17): 58-63.

Jaafarzadeh H., N. Hesampour, M. and Makvandi, R., 2012. Environmental risk assessment of Landfill drilling disposal using AHP and EFMEA (Case study: Mansouri oil field).International Society for Environmental Epidemiology East Asia Chapter (ISEE - EAC). Kuala Lumpur, Malaysia.

Archive of SID

www.SID.ir

Jozi, S.A, and Salati, P., 2012. Environmental risk assessment of low density polyethylene unit using the method of failure mode and effect analysis. Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly. 18 (1): 103−113.

SAE., 2001. Society of Automobile Engineers, Recommended failure modes and effects analysis (FMEA) practices for nonautomobile application. SAE, J1739.

Saaty, T.L., 1980. The analaytic hierarchy process: Planning, Priority setting, Resourse Allocation. McGraw-hill, New York, NY, 437 p.

Saaty, T.L., 1995. Transport planning with multiple criteria: The analytic hierarchy process application and progress review. Advanced Transportation. 29: 81-126.

Saaty, T.L, and Vargas, L.G., 1991. Prediction, Projection and Forecasting. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 251 p.

Solomon, T. and Rehan, S., 2006. Risk-based environmental decision-making using fuzzy analytic hierarchy process (F-AHP). Stochastic Environmental Research and risk assessement. 21 (1): 35-50.

Opricovic, S, and Tzeng, G.T., 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. Operational Research. 156:445- 455.

Wang, Y.M., Liu, J. and Taha, M.S., 2008. An integrated AHP-DEA methodology for bridge risk assessment. Computer & Industrial Engeineering. 54: 513:525.

Yoon, K.P, and Hwang, C.L., 1995. Multiple Attribute Decision Making: An Introduction. Sage Publications, Thousand Oaks, CA.

Zanakis, S.H., Solomon, A., Wishart, N, and Dublish, S., 1998. Multi-attribute decision making a simulation comparison of selection methods. Operational Research. 107: 507- 529.

Zayed, T., Amer, M, and Jiayin, P., 2008. Assessing risk and inherent in Chinese highway project using AHP. Project Management. 26: 408-419.

Archive of SID

www.SID.ir