پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۶، شماره ۱۱، بهار و تابستان ۱۳۹٤، از صفحه ۸۵ تا ۹۸

ارزیابی ریسک محیط‌زیستی تالاب‌ها با استفاده از روش‌های TOPSIS و EFMEA (مطالعه موردی : تالاب بین‌المللی گاوخونی)

رقیه مکوندی[۱]، سجاد آستانی*[۲] ،بهاره لرستانی[۳]

۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان- گروه علوم محیط‌زیست، ارزیابی و آمایش سرزمین
۲ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، باشگاه پژوهشگران جوان، گروه محیط زیست، همدان
۳ استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، گروه محیط‌زیست همدان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۷/۱۸؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۴/۰۱)

چکیده

تالاب گاوخونی یکی از ارزشمندترین تالاب‌های کشور است که با ویژگی‌های زیستگاهی منحصر به فرد در ۲۳ ژوین ۱۹۷۵در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر به ثبت رسیده است. مطالعه حاضر، با هدف شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌های تهدیدکننده تالاب گاوخونی در سال ۱۳۹۱ به انجام رسید. محدوده مطالعاتی، در انتهایی‌ترین قسمت حوضه آبریز زاینده‌رود واقع در زیر حوضه گاوخونی و در ۱۴۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر اصفهان قرار دارد. پس از شناسایی ریسک‌ها، تجزیه و تحلیل و رتبه‌بندی آن‌ها با استفاده از روش TOPSIS صورت پذیرفت. جهت تعیین نمره احتمال ریسک از روش AHP و برای تعیین نمره سایر شاخص‌ها از روش‌های موجود در ارزیابی ریسک به خصوص روش EFMEA استفاده شد. نتایج نشان داد که ریسک‌های خشکسالی و کم شدن آب تالاب و احداث سد زاینده‌رود در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند. پس از تعیین عدد اولویت ریسک با روش TOPSIS، درجه مخاطره‌پذیری ریسک‌ها تعیین شد که اولویت‌های مدیریتی جهت کنترل ریسک‌ها را نشان می‌دهد. مزیتTOPSIS 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.

کلید واژه‌ها: ارزیابی ریسک محیط‌زیستی، تالاب گاوخونی، استان اصفهان، TOPSIS،EFMEA، AHP

* نویسنده مسوول: Email: Sajad.Astani@iauh.ac.ir

سرآغاز

تالاب‌ها منابع آبی ارزشمندی هستند که منافع بی‌شماری برای انسان‌ها دارند. برای مثال، تامین آب جهت کاربری‌های گوناگون، تغذیه آب‌های زیرزمینی، مهار سیلاب، رسوب‌گیری، نگهداری مواد مغذی، تولید انرژی، حمل و نقل آبی، گردشگری و توریسم (فولادی و گندمکار،۱۳۹۱). امروزه، بهره برداری‌های 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 آسیب‌رسان محیط‌زیستی در مناطق تالابی جهت حصول به توسعه پایدار است.

ارزیابی ریسک[۱]، یک روش سازمان یافته و سیستماتیک برای شناسایی خطرها و برآورد ریسک برای رتبه‌بندی تصمیم‌ها، جهت کاهش ریسک به یک سطح قابل قبول است (جوزی و شمس خوزانی، ۱۳۸۹). 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 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 (FMEA)[۲] مانند تمام روش‌های ارزیابی ریسک، قابلیت شناسایی و ارزیابی ریسک را دارد (SAE, 2001). تکنیک FMEA دارای کاربردهای بسیاری می‌باشد و متناسب با کاربردهای متنوع، FMEAهای مختلفی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به FMEA مربوط به محیط‌زیست، معادل EFMEA[۳] اشاره نمود (رضا زاده نیاورانی، ۱۳۸۳). بررسی سابقه استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[۴] 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.

شیوا جان قربان (۱۳۸۷) از روش‌های AHP[۵] و TOPSIS[۶] به منظور شناسایی و تجزیه و تحلیل مخاطرات ریسک‌های محیط‌زیستی در منطقه حفاظت شده استفاده کرد (جان قربان، 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)، انوشه و همکاران (۱۳۸۹) در تجزیه و تحلیل ریسک‌های سد رودبار لرستان از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره ELECTRE و AHP استفاده کردند که با استفاده از این روش برخی از ریسک‌ها حذف گردیدند (انوشه و همکاران، ۱۳۸۹). جوزی و همکاران (۱۳۸۹) در تجزیه و تحلیل ریسک‌های فیزیکی سد بالارود خوزستان در مرحله ساختمانی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه TOPSIS و AHP بهره برده‌اند (جوزی و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای که جهت ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی واحد گاز نیروگاه حرارتی شهید مدحج زرگان اهواز توسط جوزی و شمس خوزانی (۱۳۸۹) صورت پذیرفت از روش‌های AHP و EFMEA استفاده شد (جوزی و شمس خوزانی، ۱۳۸۹). صفاریان و جوزی (۱۳۹۰)، از روش TOPSIS به منظور تجزیه و تحلیل ریسک‌های محیط‌زیستی نیروگاه گازی آبادان استفاده نمودند (صفاریان و جوزی، ۱۳۹۰).

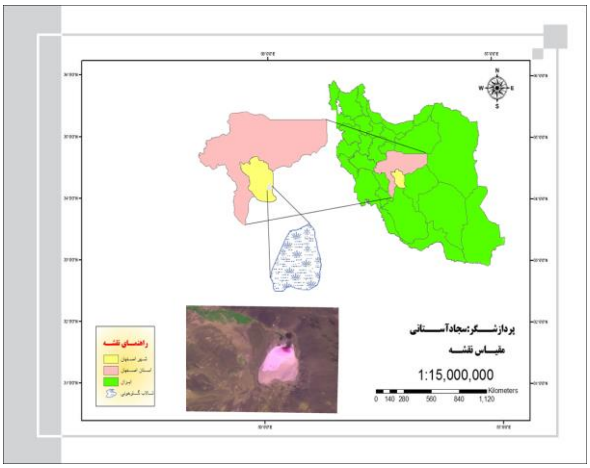
تالاب گاوخونی به دلیل ویژگی‌های خاص محیط‌زیستی یکی از ارزشمندترین اکوسیستم‌های تالابی کشور است که در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر به ثبت رسیده است (مدن دوست، ۱۳۹۰). متاسفانه، چندی است که به علل گوناگون و طرق مختلف این تالاب با آسیب‌های جدی مواجه شده است که ادامه این روند دیر یا زود منجر به نابودی آن خواهد شد. پژوهش حاضر، با هدف بررسی ریسک‌های تهدید کننده تالاب گاوخونی، تعیین مهم‌ترین ریسک‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و EFMEA صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی تالاب بین‌المللی گاوخونی در انتهایی‌ترین قسمت حوضه آبریز زاینده‌رود واقع در زیر حوضه گاوخونی قراردارد. از نظر جغرافیایی در ۳۲ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۰ درجه و

۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه ۴۵ دقیقه تا ۵۲ درجه ۵۲ دقیقه طول شرقی و ۱۴۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان قرار دارد (شکل ۱). اقلیم منطقه بر اساس تقسیمات کوپن، بیابانی‌می باشد. میانگین بارندگی بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر بوده و متوسط دمای سالانه ۱۵ درجه سانتیگرادمی باشد (فولادی و گندمکار، ۱۳۹۱). این تالاب به صورت دریاچه دایمی و یک منطقه فرورفته کویری است که از اطراف توسط ناهمواری‌های مختلف، تپه‌های شنی، گستره‌های نمکی و کویری و جنگل زا احاطه شده است (مدن دوست، ۱۳۹۰). تالاب گاوخونی یکی از ارزشمندترین تالاب‌های کشور است که با ویژگی‌های زیستگاهی منحصر به فرد در ۲۳ ژوین ۱۹۷۵در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر به ثبت رسیده است (نجاری، ۱۳۸۲).



شکل (۱): موقعیت قرارگیری تالاب گاوخونی در استان اصفهان

روش پژوهش

به طورکلی، 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 نمره‌دهی به ریسک‌ها و در مرحله آخر رتبه‌بندی و تعیین درجه مخاطره‌پذیری ریسک‌ها صورت گرفت.

شناسایی ریسک‌های تهدیدکننده تالاب گاوخونی، با استفاده از بازدیدهای میدانی و مصاحبه با ساکنان محلی و کارشناسان در بخش محیطزیست اداره محیطزیست استان اصفهان صورت پذیرفت. از مطالعات کتابخانه‌ای و پژوهش‌های مرتبط نیز استفاده گردید. در مرحله دوم، جهت ارزیابی ریسک‌ها از شاخص‌های موجود در روش‌های ارزیابی ریسک به‌ویژه روش EFMEA استفاده شد. بر اساس بررسی‌های 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 شود. در ادامه، روش تعیین نمرات برای هر کدام از شاخص‌ها ارایه 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 طورکلی، 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 بررسی‌هایی 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 & Vargas, 1991). ساعتی (۱۹۸۰)، یک شاخص منحصر به فردی برای بررسی استحکام ماتریس مقایسه دوبه‌دو مهیا کرد (Saaty, 1980). براساس دانش و تجارب 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 & Vargas, 1991).

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 شد (جدول ۳). اگر ریسک وارده بر تالاب باعث اتلاف منابع تجدیدناپذیر شود 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 وهمکاران، ۱۳۹۰).

برای استخراج نمرات حساسیت محیط پذیرنده ریسک بر اساس مطالعات صورت گرفته از جدول (۴) استفاده شد. هر چه محیط‌پذیرنده ریسک حساسیت بیشتری داشته باشد، ریسک نمره بالاتری را دریافت خواهد نمود (شفیعی، ۱۳۸۹).

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

ارزش	درجه
کاملاً مرجح	۹
ترجیح خیلی قوی	۷
ترجیح قوی	۵
کمی مرجح	۳
ترجیح یکسان	۱
ترجیح بین فواصل	۲،۴،۶،۸

جدول (۲): مقادیر مربوط به شدت وقوع جنبه‌های ریسک در روش EFMEA (Jozi & 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

در این مطالعه، جهت تجزیه و تحلیل ریسک‌ها از روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره 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 اساس

جدول (۳): مقادیر مربوط به گستره آلودگی ریسک در روش EFMEA (Jozi & 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 محیط‌پذیرنده حساسیت خیلی کمی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۱
اگر محیط‌پذیرنده حساسیت کمی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۳
اگر محیط‌پذیرنده حساسیت متوسطی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۵
اگر محیط‌پذیرنده حساسیت زیادی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۷
اگر محیط‌پذیرنده حساسیت خیلی زیادی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۹

معیارها بسنجد. چنین فرایندی تصمیم‌گیری چندمعیاره نامیده می‌شود (فولادگر، ۱۳۸۶). به‌طورکلی، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به دو دسته چندهدفه[۷] و چندشاخصه[۸] تقسیم می‌شوند (آذر و رجب‌زاده، 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 این که بین شاخص‌های انتخاب شده برای اولویت‌بندی ریسک‌های تهدیدکننده 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.

هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱، روش TOPSIS را پیشنهاد کردند. در این روش، m گزینه ($A_1, A_2, \ldots, A_m$) با n شاخص ($C_1, C_2, \ldots, C_n$) ، ارزیابی شدند. 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 مساله با این روش، مستلزم طی گام‌های زیر است:

۱. بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم با استفاده از بی‌مقیاس‌سازی نورم:

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

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

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

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

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

$$A^* = \{v_1^*,\ldots,v_n^*\}$$

$$= \{(\max_j v_{ij} | i \in I'),(\min_j v_{ij} | i \in I'')\}, \qquad (۳)$$

$$A^- = \{v_1^-,\ldots,v_n^-\}$$

$$= \{(\min_j v_{ij} | i \in I'),(\max_j v_{ij} | i \in I'')\}, \qquad (۴)$$

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

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل مثبت (D_j^*) به صورت:

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

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل منفی (D_j^-) به صورت:

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

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

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

۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس 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 شد. جهت تعیین درجه مخاطره پذیری، ریسک‌ها به صعودی نزولی مرتب و مؤلفه‌های تعداد رده و طول رده بر اساس رابطه‌های (۸ و ۹) تعیین و پس از آن ریسک‌ها، بر اساس این رده‌ها دسته بندی می‌شوند (جوزی و شمس خوزانی، ۱۳۸۹).

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

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

یافته‌ها

شناسایی ریسک‌های تهدید کننده تالاب مورد مطالعه، در سه محیط فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی اجتماعی صورت پذیرفت. ریسک‌های تهدید کننده تالاب گاوخونی با حرف A در جدول (۵) ارایه شده‌اند. در زیر دلایل و تحلیل‌های مربوط به انتخاب هر یک از ریسک‌های تحت بررسی ارایه می‌شود.

خشکسالی و کم شدن آب تالاب: استان اصفهان در مرکز فلات مرکزی ایران و در قلمرو اقلیم خشک و نیمه خشک واقع شده است. توالی بارش در این ناحیه جغرافیایی به گونه ایی است که هر ۲۱ سال یکبار یک خشکسالی شدید روی می‌دهد. طی این زمان، قسمت‌های شرق و جنوب شرقی استان به دلیل دارا بودن شرایط کویری و بیابانی بیشترین آسیب و خسارت وارد می‌آید. وقوع طوفان‌های شن و برجای گذاردن آن در حاشیه شرق اصفهان تا دشت سگزی و ورزنه محصول خشک شدن تالاب گاوخونی است. با کاهش سطح تالاب گاوخونی شرایط زیستی منطقه نامطلوب می‌شود و جمعیت پرندگان به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

افزایش PH: مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب این تالاب به علت ورود هرز آب‌های حاوی کودهای مورد استفاده در بخش

کشاورزی و ورود فاضلاب شهری و صنعتی به طور مداوم در حال تغییر می‌باشد. فاضلاب صنایع اصفهان که بدون تصفیه مناسب وارد تالاب می‌شود، حاوی فلزات سنگین، روغن، گریس، رنگ و مواد شیمیایی مختلف است که دارای PHهای اسیدی و قلیایی شدید می‌باشند. این تغییرات شرایط زیست را برای انواع ماهیان، گیاهان و پرندگان آبزی موجود در تالاب سخت می‌کند.

کاهش BOD: ورود پساب‌های کشاورزی، شهری و صنعتی و دفع مواد زاید حاوی مقادیر بالای ترکیبات آلی به تالاب منجر به کاهش BOD تالاب می‌شود. حداقل اکسیژن محلول مورد نیاز در یک محیط آبی ۲ mg/l 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 می‌شود. به علاوه، اکسیژن موجود بسیار مهم است زیرا واکنش مواد شیمیایی و بیوشیمیایی در محیط‌های بدون اکسیژن بیشتر منجر به تغییر در رنگ، مزه و بوی آب می‌شود (Attiogbe et al., 2007).

افزایش نیترات و فسفات: ترکیبات ازت و فسفر از طریق زه آب‌های کشاورزی، فاضلاب‌های مسکونی و پساب‌های صنعتی وارد منابع آبی کویر می‌شوند و در فعالیت فتوسنتز گیاهان آبزی اختلال ایجاد می‌نماید. این امر، سبب کاهش اکسیژن محلول در آب گشته و اثرات جبران ناپذیری در فعالیت گیاهان و جانوران موجود در آب، از تغذیه تا تولید مثل ایجاد می‌نماید.

افزایش فلزات سنگین: میزان فلزات سنگین موجود در رودخانه زاینده‌رود اندازه گیری شده که مقادیر جیوه، کادمیوم، نیکل، آنتیموان و بر در حد خطرناک نبوده است. تنها مقدار کمی سرب در آن مشاهده شده است. وجود کروم گرچه در آزمایش‌ها مشخص نیست ولی به علت منابع تولید کننده آن در مسیر رودخانه ممکن است در مقادیر کم موجود باشد.

افزایش شوری: کاهش نزولات جوی و خشکی منطقه که از زمان‌های گذشته شروع شده، هر روز دامنه وسیع‌تری به خودمی گیرد. با کاهش آب ورودی تالاب از طریق زاینده‌رود و رودخانه‌های فصلی از یک طرف و تبخیر شدید آب از طرف دیگر سبب افزایش شوری آب تالاب گاوخونی می‌شود.

افزایش رسوبات حمل شده به تالاب: رسوبات حمل شده به تالاب موجب پر شدن تالاب، رسوب‌زایی و در نتیجه کم شدن گستره و توسعه تالاب شده است. کم شدن عمق تالاب خطرهایی را متوجه حیات گیاهی و جانوری اکوسیستم خواهد نمود.

نابودی آشیانه پرندگان و زیستگاه‌های حیات‌وحش: سوزاندن نی و گیاهان مجاور تالاب توسط بومیان و آتش‌سوزی‌های مصنوعی توسط بازدیدکنندگان در منطقه منجر به نابودی لانه‌های پرندگان و تخم یا جوجه‌های آن‌ها شده است. این آتش‌سوزی‌ها زیستگاه‌های حیات‌وحش را نیز از بین برده است.

جمع‌آوری تخم پرندگان: یکی از عوامل عمده تخریب و انهدام تالاب‌ها عوامل انسانی است. عدم شناخت واقعی ارزش‌های بالقوه و اهمیت این بوم سازگان‌ها موجب ناکام ماندن بسیاری از اقدام‌ها می‌شود که در جهت حفاظت از تالاب‌ها را هستند. متاسفانه برخی از افراد سودجو وفرصت طلب اقدام به جمع آوری تخم پرندگان در سطح تالاب نموده‌اند. این امر منجر به وارد آمدن ضربه سنگین به حیات وحش منطقه شده است.

احداث سد زاینده رود: تکمیل سد زاینده‌رود در سال ۱۳۴۸، موجب شد که آب رودخانه زاینده‌رود به عنوان تنها منبع دایمی تامین‌کننده تالاب، کنترل گردد. احداث سد بر روی این رودخانه و کاهش بیش از حد آب ورودی به تالاب، موجب خواهد شد که بخش‌های وسیعی از نیزارها و گیاهان نیمه آبزی و آبزی خشک شده و از این طریق زیستگاه برخی از پرندگان آبزی و کنار آبزی با تهدیدی جدی مواجه شود.

تبدیل عرصه‌های حوزه زاینده‌رود به کاربری کشاورزی: در حوزه زاینده‌رود بیش از ۳۳۰ هزار هکتار از اراضی آبی مورد بهره برداری کشاورزی هستند. با توجه به سطح زیر کشت و بر اساس میزان مصرف سموم در هکتار (حدود ۲ لیتر) در حوزه زاینده‌رود سالانه ۶۶۰ هزار لیتر آفت کش به مصرف می‌رسد (فولادی و گندمکار، ۱۳۹۱). راه‌یابی این آفت کش‌ها به منابع آبی با توجه به اثر تجمعی برخی آفت کش‌ها بسیار مخاطره‌آمیز است.

برداشت بی‌رویه از آب زاینده‌رود: بهره‌برداری از زاینده‌رود هر روز افزایش‌می یابد. با توسعه صنعت، کشاورزی، شهرنشینی و غیره نیاز به استفاده از آن تشدید می‌شود. از این رو تنها مقدار اندکی آب، آن هم در برخی از فصول سال به تالاب‌می رسد. این

سهم ناچیز نیز با بهره‌برداری‌های غیرمجاز و سودجویانه در بیشتر طول سال به صفر نزدیک می‌شود.

آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های صنعتی: بسیاری از صنایع حاشیه رودخانه پساب خود را به طور مستقیم به رودخانه زاینده‌رود وارد می‌کنند. کارخانه پلی اکریل، نساجی‌های سیمین وو تجارت ... از این جمله‌اند (فولادی و گندمکار، .....). از طریق این پساب مواد سنتیک آلی، فلزات سنگین و آلاینده‌های فراوان دیگر وارد رودخانه‌می شوند. این آلودگی‌ها در نهایت وارد تالاب‌می شوند که متأسفانه آثار منفی غیرقابل جبرانی را بر این اکوسیستم حساس و ارزشمند داشته است. شدت این آلودگی‌ها به حدی است که هر چند سال یک بار شاهد مرگ و میر هزاران ماهی و پرنده در طول رودخانه و به ویژه تالاب گاوخونی هستیم که بر اثر مسمویت ناشی از منابع آب و غذایی موجود، از بین رفته اند.

آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های شهری: فاضلاب حدود ۸۰۰ هزار نفر از ساکنان شهر اصفهان بعد از تصفیه ناقص به رودخانه زاینده‌رود تخلیه می‌شود. از محدوده شهر اصفهان به بعد، تنها پساب کشاورزی به رودخانه وارد می‌شود.

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 روی 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. طی سال‌های اخیر، شبکه‌های زه‌کشی گسترده‌ایی به ویژه در قسمت‌های انتهای زاینده رود، به رودخانه منتهی شده که بر شدت آلودگی و شوری آب تالاب افزوده اند.

استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی: در اطراف تالاب مزارع کشاورزی وجود دارد که حجم قابل ملاحظه‌ای از مواد شیمیایی (کودها و سموم شیمیایی) در آن‌ها مصرف می‌شود. مصرف سالانه ۱۳۲۵۶۰ تن انواع کود در حوزه حکایت از حضور حجم زیادی از فسفات و نیترات در محیط دارد (فولادی و گندمکار، ۱۳۹۱). استفاده از سموم و کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی اطراف کویر در کنار بهره برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی متأسفانه اثرات منفی غیرقابل جبرانی را بر این اکوسیستم حساس و ارزشمند داشته است.

چرای بی‌رویه: استفاده بیش از اندازه از مراتع گاوخونی برای چرای دام، به ویژه در زمان‌های گذشته، رویش گیاهی منطقه را به شدت تحت تاثیر قرار داده و تا مرحله نابودی کامل پیش برده است. توسعه دامداری به هیچ وجه با امکانات و توان مراتع منطقه سازگار نمی باشد. تنها در شهر ورزنه، بیش از ۵۰۰۰۰ واحد دامی وجود دارد که این تعداد چهار برابر ظرفیت مراتع گاوخونی است (مدن دوست، ۱۳۹۰). آشکار است در این صورت، جانوران و گیاهان طبیعی منطقه با از دست دادن زیستگاه‌های مطلوب خود، بیشترین لطمه را متحمل شده‌اند.

آتش‌سوزی: ازآتش‌سوزی‌های سازمان یافته‌می توان اصلاح ترکیب پوششی و عناصر رویشی برخی از بوم‌سازگان‌ها استفاده کرد. اما آتش‌سوزی‌های وسیع و ناگهانی که به وسیله برخی از دامداران، ساکنان مناطق مجاور و رهگذرانی که از تالاب بازدیدمی کنند، ایجاد می‌شود، هر بار بخش وسیعی از جامعه گیاهی را از بین‌می برد. خسارت‌های ناشی از این آتش سوزی‌ها به خاطر آن که اغلب با اقدام‌های مسوولین امر همراه نبوده و در نهایت خود به خود خاموش می‌شود، گسترده است.

حرکت شن‌های روان: حاشیه غربی تالاب گاوخونی را پهنه وسیعی از تپه‌های شنی فرا گرفته است. بادهایی که از این نواحی به طرف دریاچه می‌روند شن و ماسه قابل توجهی را با خود حمل می‌کنند. در اثر افزایش رطوبت، باد هنگام حرکت در طول دریاچه ماسه‌ها را رسوب داده و موجب پر شدن آن در دراز مدت‌می شوند.

شکار غیرمجاز: تالاب گاوخونی و مناطق مجاور آن به علت وجود برخی از جانوران وحشی، آبزیان و تعداد زیادی از پرندگان بومی و مهاجر، از اهمیت بالایی برخوردار است. این منطقه، از لحاظ شکار جزء مناطق آزاد محسوب می‌شود. شکار در چنین مناطقی تابع قوانین خاص و در ایام مشخصی از سال صورت‌می گیرد. اما، به علت عدم نظارت کافی، شکارچیان قوانین را رعایت نمی‌کنند. در چنین شرایطی، برخی از شکارچیان بدون کسب مجوز تعداد کثیری از گونه‌های حیات‌وحش را به‌صورت غیرقانونی صید می‌کنند. شکار بی‌رویه نقش تعیین‌کننده‌ای در تسریع نابودی جانوران به ویژه پرندگان دارد.

آلودگی‌ها و مزاحمت‌های تولید شده توسط گردشگران و بازدیدکنندگان: استفاده از تالاب‌ها به عنوان مناطق تفرجگاهی یکی از اهداف جدید مدیریت تالاب‌ها در راستای آشنایی مردم با ارزش‌می باشد. عدم پتانسیل‌یابی و مکان‌یابی مناطق مستعد طبیعت‌گری با حداقل ریسک تخریب محیط‌زیستی و ورود بازدیدکنندگان به مناطق حساس منجر به رها سازی زباله‌ها در محل و آلودگی‌های زیست محیطی شده است.

پس از شناسایی ریسک‌ها، در این مطالعه از روش TOPSIS جهت رتبه‌بندی 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 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 ۲۱ ردیف (ریسک‌ها) با حرف A و ۵ ستون (شاخص‌ها) با حرف C تشکیل شد. از آن جا 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 تهدیدکننده تالاب مورد مطالعه، ساختار سلسله مراتبی ریسک‌ها رسم شد. 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 می‌شود. در نهایت، سطح آخر شامل ریسک‌ها می‌باشد. ماتریس‌های مقایسات زوجی با دانش کارشناسان تکمیل و وارد نرم‌افزار Expert Choice شد. در نهایت، با دستور Synthesize این نرم‌افزار ادغام و اوزان نهایی یعنی نمره احتمال وقوع هر ریسک به‌دست آمد (جدول ۵). جهت تعیین اهمیت محیط پذیرنده ریسک، براساس روش کار، منابع و محیط‌های پذیرنده برای هر یک از ریسک‌ها، تعداد کل گونه‌ها و گونه‌های دارای ارزش اکولوژیک، حفاظتی یا در معرض خطر انقراض تعیین شد. تعداد ۲۲۹ گونه جانور متعلق به ۱۴۷ جنس و ۷۰ خانوار از ۵ رده مهره داران شامل: ۴۹ گونه پستاندار، ۱۲۵ گونه پرنده، ۴۲ گونه خزنده، یک گونه دوزیست و ۱۲ گونه ماهی در حوضه آبخیز زاینده‌رود شناسایی شده است (مدن‌دوست، ۱۳۹۰). برای مثال در جدول (۶)، تعیین اهمیت محیط پذیرنده برای ریسک خشکسالی و کم شدن آب تالاب ارایه شده است. برای تعیین نمره سایر شاخص‌ها، جداول مربوط به هر شاخص که در روش کار ارایه شده است، مورد استفاده قرار گرفته است. برای نمونه، چنانچه ریسکی سبب زیان شدید به منابع شود، منابع تجدیدناپذیر 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 ارایه شده‌است. برای ایده‌آل مثبت بیشترین مقدار عددی هر ستون و برای ایده‌ال منفی کمترین مقدار عددی هر ستون از ماتریس بی‌مقیاس‌موزون در نظر گرفته شده است (جدول ۹). فاصله هر گزینه تا ایده‌ال‌های 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 ایده‌ال (رابطه ۷)، رتبه‌بندی ریسک‌های تهدید کننده تالاب گاوخونی انجام شد که در جدول (۱۰) ارایه شده است.

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

سطح اول (هدف)	سطح دوم (محیط‌پذیرنده)	سطح سوم (ریسک‌ها)		وزن نسبی	وزن نهایی
تعیین احتمال ریسک‌های محیط‌زیستی تالاب گاوخونی	فیزیکوشیمیایی (۰/۴۹۳)	خشکسالی و کم شدن آب تالاب	A۱	۰/۲۶۸	۰/۱۱۸
		افزایش PH	A۲	۰/۰۹۶	۰/۰۶۰
		کاهش BOD	A۳	۰/۱۳۵	۰/۰۴۲
		افزایش نیترات و فسفات	A۴	۰/۰۹۶	۰/۰۴۲
		افزایش فلزات سنگین	A۵	۰/۰۶۳	۰/۰۲۸
		افزایش شوری	A۶	۰/۲۰۲	۰/۰۸۹
		افزایش رسوبات حمل شده به تالاب	A۷	۰/۱۴۱	۰/۰۶۲
	بیولوژیکی (۰/۱۹۶)	نابودی آشیانه پرندگان و زیستگاه‌های حیات وحش	A۸	۰/۷۵۰	۰/۰۴۷
		جمع آوری تخم پرندگان	A۹	۰/۲۵۰	۰/۰۱۶
	اقتصادی اجتماعی (۰/۳۱۱)	احداث سد زاینده رود	A۱۰	۰/۱۱۳	۰/۰۵۶
		تبدیل عرصه‌های حوزه زاینده‌رود به کاربری کشاورزی	A۱۱	۰/۰۶۳	۰/۰۳۱
		برداشت بی‌رویه از آب زاینده‌رود	A۱۲	۰/۱۵۰	۰/۰۷۵
		آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های صنعتی	A۱۳	۰/۱۴۹	۰/۰۷۴
		آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های شهری	A۱۴	۰/۱۰۷	۰/۰۵۳
		آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی	A۱۵	۰/۰۹۷	۰/۰۴۸
		استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی	A۱۶	۰/۰۵۰	۰/۰۲۵
		چرای بی‌رویه	A۱۷	۰/۰۴۶	۰/۰۲۳
		آتش سوزی	A۱۸	۰/۰۴۵	۰/۰۲۲
		حرکت شن‌های روان	A۱۹	۰/۰۷۸	۰/۰۳۹
		شکار غیر مجاز	A۲۰	۰/۰۶۵	۰/۰۳۲
		آلودگی‌ها و مزاحمت‌های تولید شده توسط گردشگران و بازدیدکنندگان	A۲۱	۰/۰۳۵	۰/۰۱۸

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

محیط پذیرنده ریسک	ریسک	منابع 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: ۱۲گونه ماهی گیاهان: ۶۳ گونه گیاهی و اغلب شورپسند پرنده : ۱۲۵ گونه (مجموعاً ۹ گونه دارای ارزش حفاظتی) پستانداران، خزندگان و دوزیستان: ۴۹ گونه پستاندار و ۴۲ گونه خزنده، ۱ گونه دوزیست زیستگاه آبی: زیستمندان کنارآبزی در بین منابع خشکی بیشترین تأثیرپذیری را دارند.	جمعاً ۲۲۹ گونه ۹ گونه دارای ارزش حفاظتی	۳/۹۳

جدول (۷): اوزان 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

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	۰/۰۵۷۹	۰/۰۵۲۶	۰/۰۹۳۵	۰/۰۸۸۰	۰/۰۸۹۰	A۱۲	۰/۰۳۶۸	۰/۰۵۲۶	۰/۰۷۴۸	۰/۰۷۵۴	۰/۰۸۹۰
A۲	۰/۰۲۹۴	۰/۰۲۶۳	۰/۰۵۶۱	۰/۰۲۵۱	۰/۰۳۸۱	A۱۳	۰/۰۳۶۳	۰/۰۵۲۶	۰/۰۷۴۸	۰/۰۵۰۳	۰/۰۸۹۰
A۳	۰/۰۲۰۶	۰/۰۲۶۳	۰/۰۵۶۱	۰/۰۲۵۱	۰/۰۳۸۱	A۱۴	۰/۰۲۶۰	۰/۰۲۶۳	۰/۰۳۷۴	۰/۰۱۲۶	۰/۰۶۳۶
A۴	۰/۰۲۰۶	۰/۰۲۶۳	۰/۰۵۶۱	۰/۰۲۰۱	۰/۰۳۸۱	A۱۵	۰/۰۲۳۵	۰/۰۲۶۳	۰/۰۳۷۴	۰/۰۱۲۶	۰/۰۳۸۱
A۵	۰/۰۱۳۷	۰/۰۲۶۳	۰/۰۳۷۴	۰/۰۱۲۶	۰/۰۳۸۱	A۱۶	۰/۰۱۲۳	۰/۰۲۶۳	۰/۰۳۷۴	۰/۰۱۲۶	۰/۰۳۸۱
A۶	۰/۰۴۳۶	۰/۰۵۲۶	۰/۰۷۴۸	۰/۰۳۷۷	۰/۰۸۹۰	A۱۷	۰/۰۱۱۳	۰/۰۲۶۳	۰/۰۳۷۴	۰/۰۱۲۶	۰/۰۳۸۱
A۷	۰/۰۳۲۸	۰/۰۵۲۶	۰/۰۳۷۴	۰/۰۲۵۱	۰/۰۶۳۶	A۱۸	۰/۰۱۰۸	۰/۰۲۶۳	۰/۰۱۸۷	۰/۰۲۰۱	۰/۰۶۳۶
A۸	۰/۰۲۳۰	۰/۰۳۹۵	۰/۰۵۶۱	۰/۰۱۲۶	۰/۰۳۸۱	A۱۹	۰/۰۱۹۱	۰/۰۲۶۳	۰/۰۳۷۴	۰/۰۱۲۶	۰/۰۶۳۶
A۹	۰/۰۰۷۸	۰/۰۳۹۵	۰/۰۳۷۴	۰/۰۱۲۶	۰/۰۳۸۱	A۲۰	۰/۰۱۵۷	۰/۰۲۶۳	۰/۰۵۶۱	۰/۰۱۲۶	۰/۰۶۳۶
A۱۰	۰/۰۲۷۵	۰/۰۵۲۶	۰/۰۷۴۸	۰/۰۸۸۰	۰/۱۱۴۴	A۲۱	۰/۰۰۸۸	۰/۰۱۳۲	۰/۰۳۷۴	۰/۰۱۲۶	۰/۰۶۳۶
A۱۱	۰/۰۱۵۲	۰/۰۳۹۵	۰/۰۵۶۱	۰/۰۱۲۶	۰/۰۳۸۱	–	–	–	–	–	–

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

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A^*	۰/۰۵۷۹	۰/۰۵۲۶	۰/۰۹۳۵	۰/۰۸۸۰	۰/۱۱۴۴
A^-	۰/۰۰۷۸	۰/۰۲۶۳	۰/۰۱۸۷	۰/۰۱۲۶	۰/۰۳۸۱

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

ریسک	D_j^*	D_j^-	C_j^*	رتبه	ریسک	D_j^*	D_j^-	C_j^*	رتبه
A۱	۰/۰۲۵۴	۰/۱۳۰۶	۰/۸۳۷۱	۱	A۱۲	۰/۰۴۰۰	۰/۱۰۵۹	۰/۷۲۵۹	۳
A۲	۰/۱۱۲۵	۰/۰۴۵۰	۰/۲۸۵۴	۸	A۱۳	۰/۰۵۳۷	۰/۰۹۳۰	۰/۶۳۴۰	۴
A۳	۰/۱۱۵۱	۰/۰۴۱۵	۰/۲۶۴۸	۹	A۱۴	۰/۱۱۴۶	۰/۰۳۶۴	۰/۲۴۱۱	۱۴
A۴	۰/۱۱۷۹	۰/۰۴۰۲	۰/۲۵۴۳	۱۱	A۱۵	۰/۱۲۸۵	۰/۰۲۴۴	۰/۱۵۹۶	۱۷
A۵	۰/۱۳۱۵	۰/۰۱۹۶	۰/۱۲۹۷	۱۹	A۱۶	۰/۱۳۲۰	۰/۰۱۹۲	۰/۱۲۷۰	۲۰
A۶	۰/۰۶۱۱	۰/۰۹۱۳	۰/۵۹۹۳	۵	A۱۷	۰/۱۳۲۳	۰/۰۱۹۰	۰/۱۲۵۶	۲۱
A۷	۰/۱۰۱۵	۰/۰۴۹۷	۰/۳۲۸۶	۶	A۱۸	۰/۱۲۵۳	۰/۰۳۶۷	۰/۱۷۵۶	۱۶
A۸	۰/۱۱۹۵	۰/۰۴۲۴	۰/۲۶۲۰	۱۰	A۱۹	۰/۱۱۶۷	۰/۰۳۳۵	۰/۲۲۳۱	۱۴
A۹	۰/۱۳۱۶	۰/۰۲۲۹	۰/۱۴۸۰	۱۸	A۲۰	۰/۱۱۰۲	۰/۰۴۵۹	۰/۲۹۴۰	۷
A۱۰	۰/۰۳۵۷	۰/۱۲۵۴	۰/۷۷۸۵	۲	A۲۱	۰/۱۲۴۰	۰/۰۳۴۲	۰/۲۱۶۱	۱۵
A۱۱	۰/۱۲۲۱	۰/۰۴۰۳	۰/۲۴۸۳	۱۲	–	–	–	–	–

نتایج حاصل از رتبه‌بندی ریسک‌های تهدید کننده تالاب گاوخونی با استفاده از TOPSIS حاکی از آن است که ریسک‌های خشکسالی و کم شدن آب تالاب، و احداث سد زاینده‌رود در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند. ریسک برداشت بی‌رویه از آب زاینده‌رود و آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های صنعتی در رتبه‌های سوم و چهارم قرار دارند. از نتایج این چنین استنباط می‌شود که کمبود آب ورودی به تالاب و آلودگی همین آب اندک از عمده ریسک‌های تهدیدکننده تالاب می‌باشند. عدم تعیین حقابه محیطزیستی تالاب و برداشت بی‌رویه آب زاینده‌رود به مشکلات تالاب گاوخونی دامن زده است. در صورتی که هرگونه بهره برداری از آب زاینده‌رود پس از بررسی کامل و تعیین حقابه محیطزیستی تالاب گاوخونی در قالب استانداردها انجام شودمی توان تا حد بسیار زیادی از مشکلات بعدی تالاب شامل شوری آن جلوگیری نمود. چرای بی‌رویه از لحاظ اهمیت آخرین رتبه را کسب کرده است.

پس از تعیین عدد اولویت ریسک با روش TOPSIS، جهت

تعیین درجه مخاطره‌پذیری 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 (۵ ≈ ۵/۳۶) و طول رده بر اساس کمترین عدد ریسک (۰/۱۲۵۶) و بیشترین عدد ریسک (۰/۸۳۷۱)، ۰/۱۴۲۳ تعیین شد. 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 گاوخونی ارایه شده است.

نتایج حاصل از محاسبه‌های تعیین درجه مخاطره پذیری در این بخش نشان داد که بیشترین اعداد اولویت ریسک یا ۱۳ مورد از اعداد اولویت ریسک در حدود رده (۰/۱۲۵۶- ۰/۲۶۷۹) 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 شوند.

بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی ریسک به معنی اندازه‌گیری ریسک‌ها براساس شاخص‌های معین است که بر این اساس امکان ارایه راه‌کارهای مقابله با آن‌ها، در مراحل بعدی مدیریت ریسک فراهم می‌شود. روش‌های متنوعی برای ارزیابی ریسک محیطزیستی وجود دارد که هر یک دارای مزایا و معایبی وابسته به محیط مورد مطالعه هستند؛ بنابراین، نمی‌توان روشی را با اطمینان رد یا تایید کرد. با به‌کارگیری روش‌های نوین در ارزیابی ریسک‌ها می‌توان تا حدود قابل ملاحظه‌ای از شدت بروز ریسک‌ها و به تبع آن از خسارت‌ها و زیان‌های وارده بر محیطزیست کاست و در راستای نیل به توسعه پایدار حرکت نمود.

در تحقیقی در ارزیابی ریسک واحد پلی اتیلن، از روش EFMEA استفاده شد. شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل شدت، احتمال، گستره آلودگی و میزان بازیافت می‌باشند (Jozi & Salati, 2012).

در تحقیقی دیگر به منظور بررسی مخاطرات محیطزیستی که در واحد تولید کارخانه قیرسازی شرکت نفت پاسارگاد واحد اراک انجام گرفت، از روش EFMEA بهره برده شده است. در این تحقیق، از شاخص‌های شدت احتمال وقوع و امکان بازیافت ریسک‌ها جهت تعیین ضریب تخریب محیطزیستی ریسک‌ها استفاده نموده‌اند (جوزی و همکاران، ۱۳۹۰). 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 شد (جوزی و شمس خوزانی، ۱۳۸۹). در هر سه مطالعه میزان ریسک از طریق ضرب نمره‌های به‌دست آمده برای هر شاخص محاسبه شد. در تحقیقی که در موضوع مشابه تحقیق حاضر می‌باشد، به‌منظور تجزیه‌وتحلیل ریسک‌های تهدیدکننده منطقه حفاظت شده حله از روش AHP استفاده شد. نمره هر سه شاخص شدت، احتمال و حساسیت محیط پذیرنده با استفاده از AHP مورد محاسبه قرار گرفت، سپس با همان روش ادغام شدند و رتبه‌بندی ریسک‌های تهدید کننده منطقه حفاظت شده حله به‌دست آمد (جوزی و شفیعی، ۱۳۸۸). در مطالعه‌ای دیگر در ارزیابی ریسک‌های محیطزیستی سد رودبار لرستان در فاز ساختمانی، از ELECTERE و SAW از روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره 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 شد. تجزیه تحلیل ریسک‌ها با روش‌های ELECTERE و SAW صورت پذیرفت (انوشه و همکاران، ۱۳۹۰). در نهایت، در تحقیقی روش‌های مناسب تصمیم گیری چندشاخصه برای حل مساله رتبه بندی ریسک‌های پروژه معرفی شد و کاربرد این رویکرد در رتبه بندی ریسک‌های پروژه 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 به جای شاخص‌های تصمیم‌گیری نیز شاخص‌های ارزیابی ریسک مانند: شدت اثر و احتمال وقوع و ... قرار بگیرند (عاملی و همکاران، ۱۳۸۶).

در این مقاله، براساس نظر جبل عاملی و همکاران (۱۳۸۶)، تجزیه و تحلیل ۲۱ ریسک‌های محیطزیستی تهدیدکننده تالاب گاوخونی به عنوان گزینه با در نظر گرفتن ۵ شاخص و با استفاده

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

تعریف رده	حدود رده	ریسک		C_j^*	فراوانی ریسک در رده
غیرقابل تحمل	۰/۸۳۷۱ -۰/۶۹۴۸	A۱	خشکسالی و کم شدن آب تالاب	۰/۸۳۷۱	۳
		A۱۰	احداث سد زاینده رود	۰/۷۷۸۵	
		A۱۲	برداشت بی‌رویه از آب زاینده‌رود	۰/۷۲۵۹	
قابل توجه	۰/۶۹۴۸ -۰/۵۵۲۵	A۱۳	آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های صنعتی	۰/۶۳۴۰	۲
		A۶	افزایش شوری	۰/۵۹۹۳	
متوسط	۰/۵۵۲۵ -۰/۴۱۰۲	–	–	–	۰
قابل تحمل	۰/۴۱۰۲ -۰/۲۶۷۹	A۷	افزایش رسوبات حمل شده به تالاب	۰/۳۲۸۶	۳
		A۲۰	شکار غیر مجاز	۰/۲۹۴۰	
		A۲	افزایش PH	۰/۲۸۵۴	
جزیی	۰/۲۶۷۹ -۰/۱۲۵۶	A۳	کاهش BOD	۰/۲۶۴۸	۱۳
		A۸	نابودی آشیانه پرندگان و زیستگاه‌های حیات وحش	۰/۲۶۲۰	
		A۴	افزایش نیترات و فسفات	۰/۲۵۴۳	
		A۱۱	تبدیل عرصه‌های حوزه زاینده‌رود به کاربری کشاورزی	۰/۲۴۸۳	
		A۱۴	آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های شهری	۰/۲۴۱۱	
		A۱۹	حرکت شن‌های روان	۰/۲۲۳۱	
		A۲۱	آلودگی‌ها و مزاحمت‌های تولید شده توسط گردشگران و بازدیدکنندگان	۰/۲۱۶۱	
		A۱۸	آتش‌سوزی	۰/۱۷۵۶	
		A۱۵	آلودگی آب تالاب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی	۰/۱۵۹۶	
		A۹	جمع آوری تخم پرندگان	۰/۱۴۸۰	
		A۵	افزایش فلزات سنگین	۰/۱۲۹۷	
		A۱۶	استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی	۰/۱۲۷۰	
		A۱۷	چرای بی‌رویه	۰/۱۲۵۶	

از روش TOPSIS، از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، انجام گرفت. براساس بیشتر مطالعات مورد بررسی، در این مطالعه نیز از شاخص‌های متعددی جهت نمره دهی به ریسک‌ها استفاده شد. تعیین نمره احتمال ریسک نیز با استفاده از AHP صورت پذیرفت. براساس نتایج مطالعه انوشه و همکاران (۱۳۹۰)، استفاده از ELECTRE در ارزیابی ریسک منجر به حذف برخی از ریسک‌ها خواهد شد. به همین دلیل، در این مطالعه از این روش استفاده نشد. بر خلاف روش کار جوزی و شفیعی (۱۳۸۸)، در این مطالعه نمره هر شاخص با استفاده از روش‌های متفاوت محاسبه شد و سپس با روش TOPSIS رتبه‌بندی صورت پذیرفت. در نتیجه گیری کلی می‌توان گفت که روش TOPSIS با بهره‌گیری از نظر کارشناسان، قابلیت رتبه‌بندی بی نهایت ریسک بر اساس بی نهایت شاخص را دارا می‌باشد و نتایجی نزدیک‌تر به واقعیت ارایه می‌دهد. این روش، با استفاده نرم‌افزارهای صفحه گسترده از محاسبه‌های طولانی و خسته کننده اجتناب کرده و خروجی آن به صورت رتبه‌بندی است. نویسندگان این مقاله معتقدند، مسوولان مدیریتی تالاب گاوخونی قادر خواهند بود با توجه به اولویت بندی عوامل ریسک، به مدیریت و اولویت بندی اقدام‌های کنترلی اصلاحی در تالاب گاوخونی بپردازند.

تشکر و قدردانی

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 اصفهان که ما را در انجام این مقاله یاری دادند، ابراز می‌دارند.

یادداشت‌ها

1. Risk assessment
2. Failure Mode and Effect Analysis
3. Environmental Failure Mode and Effect Analysis
4. Multi criteria decision making.
5. Analytical Hierarchy Process
6. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
7. Multi objective decision making
8. Multi attribute decision making

فهرست منابع

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

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.

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

انوشه، ز.؛ ملماسی، س. و جوزی، س. ع. ۱۳۹۰. اولویت‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی فاز ساختمانی سد رودبار لرستان به روش SAW و ELECTRE. اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه‌های برق آبی. تهران.

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. رتبه‌بندی ریسک پروژه با استفاده از فرآیند تصمیم گیری چند شاخصه، نشریه دانشکده فنی، ۴۱ (۷): ۸۷۱-۸۶۳.

جوزی، س. ع.؛ پورسفر، ع.؛ عنابستانی، س. و گنجینه، ن. ۱۳۹۰. بررسی مخاطرات محیط‌زیستی در واحد تولیدکارخانه قیرسازی شرکت نفت پاسارگاد واحد اراک. چهارمین همایش مهندس ایمنی و مهندسی HSE. اصفهان.

جوزی، س. 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، س. ع. و شمس خوزانی، ن. ۱۳۸۹. ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی 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 محیط‌زیستی ایران و راهکارهای بهبود آن‌ها، اهواز.

جوزی، س. ع.؛ حسینی، سی. 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.

رضازاده نیاورانی، م. ۱۳۸۳. کاربرد روش FMEA در شناسایی و ارزیابی جنبه‌های محیط‌زیستی و معرفی EFMEA، ماهنامه روش، ۸۸: ص ۲۰.

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.

فولادی، ک. و گندمکار، ا. ۱۳۹۱. بررسی محیط‌زیستی تالاب گاوخونی در جهت توسعه پایدار. سومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران.

فولادی، ک. و گندمکار، ا. ۱۳۹۱. بررسی تاثیرات توسعه صنایع بزرگ بر زاینده‌رود و تالاب گاوخونی. سومین همایش ملی مقابله با بیابان زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران.

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

مدن‌دوست، ن. ۱۳۹۰. تالاب گاوخونی، پتانسیل‌های محیط‌زیستی، تهدیدها و راه حل‌ها، اولین همایش ملی بوم‌های بیابانی،گردشگری و هنرهای محیطی،دانشگاه آزاداسلامی واحد نجف آباد.

مومنی، م. ۱۳۸۷. مباحث نوین تحقیق در عملیات، چاپ دوم، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.ص۴۰.

نجاری، ح. ۱۳۸۲.تالاب بین‌المللی گاوخونی اصفهان، انتشارات سازمان حفاظت از محیط‌زیست.

Attiogbe, F.K.; Glover-Amengor, M. & 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.

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

Jozi, S.A. & 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. & Vargas, L.G. 1991. Prediction, Projection and Forecasting. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 251 p.

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

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