ارزیابی ریسک زیست محیطی بهره برداری از دریاچه منطقه ۲۲ شهرداری تهران با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM)

مریم حیدری*[۱]، سحر رضایان[۲] و رؤیا نزاکتی[۳]

۱- گروه منابع طبیعی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۲- گروه محیط زیست، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود
۳- گروه محیط زیست، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۱۸

چکیده

دریاچه مصنوعی شهدای خلیج فارس در منطقه ۲۲ واقع در شمال غرب تهران، با حجم ۱۰ میلیون متر مکعب، مساحت ۲۲۴ هکتار و عمق متوسط ۱۰ متر به عنوان بزرگ‌ترین دریاچه انسان ساخت ایران محسوب می‌گردد. این مطالعه به ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی ناشی از دریاچه شهدای خلیج فارس در فاز بهره برداری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه MADM پرداخته است. بدین منظور ابتدا ریسک‌های ناشی از بهره برداری با استفاده از روش پرسش نامه و تحلیل روش TOPSIS و همچنین نرم‌افزار SPSS انتخاب شدند، روش تلفیقی TOPSIS و AHP به طبقه بندی و تعیین اولویت‌های ریسک زیست محیطی ناشی از بهره برداری دریاچه کمک می‌کند. در روش تحلیل سلسله مراتبی پس از ایجاد ساختار سلسله مراتبی ریسک‌های ناشی از دریاچه خلیج فارس، ماتریس‌های مقایسه زوجی برای مقایسه دو به دو هر یک از معیارها و گزینه‌ها نسبت به یکدیگر تشکیل شده است. در نهایت از نرم‌افزار Expert Choice برای تعیین احتمال وقوع هر ریسک استفاده گردید. یکی از روش‌های مناسب ارزیابی ریسک که در بسیاری از ارزیابی‌ها در مدیریت کیفیت و ریسک استفاده می‌شود تکنیک FMEA است. در این تحقیق نیز به منظور تعیین شدت و گستره آلودگی و همچنین محاسبه مقدار عددی ریسک از روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و تأثیر آن بر محیط زیست (EFMEA)استفاده گردید. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که در محیط فیزیکی و شیمایی تأثیر بر آب زیرزمینی و سپس رسوبگذاری به عنوان مهم‌ترین ریسک و در بخش بیولوژیک، افزایش مواد غذایی و بعد از آن رشد و تجمع حشرات به عنوان مهم‌ترین ریسک مطرح می‌باشند.

واژگان کلیدی: فرایند تحلیل سلسله مراتبی، ارزیابی ریسک، FMEA،Topsis

* **نگارنده پاسخگو:** maryamheidari2020@yahoo.com

مقدمه

دریاچه شهدای خلیج فارس با مساحت ۲۲۴ هکتار بین عرض‌های جغرافیایی ً۴۶ ´۴۸ °۳۵ و ً ۱۳/۷ ´۵۷ °۳۵ شمالی و طول جغرافیایی ً۳۰ ´۲۲ °۵۱ و ً۱۷/۴ ´۵ °۵۱ شرقی در شمال غرب شهر تهران واقع شده است. این دریاچه از شمال به حوزه آبریز کن و وردآورد، از شرق به حوزه آبریز کن و از غرب به حوزه آبریز وردآورد و از جنوب به آزاد راه تهران – کرج محدود می‌شود و در شمال پارک جنگلی چیتگر قرار دارد. راه‌های دسترسی متعددی به دریاچه وجود دارد، از جمله آزاد راه تهران – کرج از جنوب دریاچه عبور می‌کند و آزاد راه تهران – شمال از شمال شرقی آن می‌گذرد. بلوارهای کوهک (پوری) نیز از جنوب دریاچه به بزرگراه رسالت وصل شده و بلوار وردیج که از آزاد راه تهران – کرج آغاز می‌شود از غرب دریاچه در امتداد رودخانه وردآورد ادامه می‌یابد (رستمی،۱۳۹۰). پژوهش‌های مختلفی درخصوص دریاچه چیتگر به انجام رسیده است که از این میان می‌توان به مطالعات رستمی و اقبالی در سال ۱۳۹۰ درباره تأثیر منابع آب دریاچه بر وضعیت منابع و مصارف آب رودخانه کن اشاره کرد. در این مطالعه مساحت دریاچه حدود ۲۲۰ هکتار و حجم دریاچه حدود ۱۰ میلیون متر مکعب برآورد گردیده بود و این حجم آب از طریق رودخانه‌های کن به عنوان گزینه مناسب و برتر قابل تأمین، مطرح شده بود و در نهایت تاکید نمودند که بررسی وضعیت منابع و مصارف پایین دست رودخانه کن یک ضرورت اساسی است و تأثیر این میزان برداشت برای دریاچه بر شرایط پایین دست رودخانه کن می‌بایست مشخص گردد. دقیق و همکاران در سال ۱۳۸۷ کیفیت آب منطقه و شرایط زیست محیطی دریاچه چیتگر و منابع تأمین آب آن را مورد بررسی قرار داده و مشخصات زیست محیطی منابع آب را مشخص نمودند و راهکارهای مناسب برای تأمین کیفیت مطلوب آب دریاچه و جلوگیری از آلودگی آن را توصیه کردند.

در دهه اخیر توجه محققین به مدل‌های چند معیاره به منظور تصمیم‌گیری در حوزه‌های مختلف، روندی فزاینده داشته است. در این تصمیم‌گیری به جای استفاده از معیار سنجش بهینگی از چندین معیار استفاده می‌شود. این مدل‌ها به ۲ دسته اصلی مدل‌های چند هدفه و مدل‌های چند شاخصه تقسیم می‌شود. از مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی و از مدل چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه و یا گزینه برتر استفاده می‌گردد (اصغر پور،۱۳۸۷). Hajkowiczi و Collins در سال ۲۰۰۷، تصمیم گیری چند معیاره را یک چارچوب برای رتبه‌بندی و عملکرد کلی برای اهداف چند گانه مطرح نمودند و استفاده از MAC برای ارزیابی سیاست آب و برنامه‌ریزی استراتژیک زیر ساخت‌ها را معرفی نمودند. در ارزیابی ریسک، بایستی در ابتدا محدوده مورد مطالعه تعیین گردد، سپس سایر مشخصه‌ها و معیارهای موجود در مسیرهای فعلی و یا مسیرهای جایگزین انتقال مطرح می‌شود و در ادامه داده‌ها کمی شده و وزن‌دهی می‌شوند. یکی از روش‌های مناسب ارزیابی ریسک که در بسیاری از ارزیابی‌ها در مدیریت کیفیت و ریسک استفاده می‌شود تکنیک FMEA است. در این روش پس از به دست آوردن مؤلفه‌های شدت، احتمال وقوع و نرخ احتمال کشف و وزن‌دهی آن‌ها، عدد اولویت ریسک PRN محاسبه می‌گردد.

ارزیابی ریسک زیست محیطی، ابزاری مهم در مدیریت محیط زیست به منظور کاهش مخاطرات پروژه‌ها و دستیابی به توسعه پایدار به شمار می‌رود. بررسی سابقه استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و روش Topsis و تجزیه تحلیل عوامل شکست نشان می‌دهد که این روش‌ها به تنهایی و یا همزمان با روش‌های دیگر دارای کاربرد فراوانی برای انجام مطالعات ارزیابی ریسک می‌باشد. AHP روشی منعطف، قوی و ساده است که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bertolini *et al*., 2006) . روش TOPSIS

یکی از مطمئن‌ترین روش‌های علمی و مدیریتی تصمیم سازی و تصمیم‌گیری بوده و با استفاده از آن می‌توان تصمیم‌گیری‌ها را علمی‌تر ساخته و به این ترتیب فرآیند تصمیم‌گیری در بستری از داده‌ها و خروجی‌های منطقی‌تر قرار می‌گیرد (لولاچی،۱۳۸۶). هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی ریسک زیست محیطی بهره برداری از دریاچه منطقه ۲۲ شهرداری تهران با استفاده از روش تصمیم گیری چند شاخصه (MADM) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه برای اولویت‌بندی ریسک‌های زیست محیطی دریاچه شهدای خلیج فارس در فاز بهره برداری، درسال ۱۳۹۴ انجام شده است. به این منظور ابتدا با مراجعه به سازمان‌های مربوطه به جمع آوری اطلاعات پایه و تخصصی در مورد وضعیت دریاچه و تهیه اطلاعات و نقشه‌های زیست محیطی محدود مطالعاتی اقدام گردید.

از میان روش‌های موجود، تصمیم گیری چند معیاره که روش تحلیل سلسله مراتبی است، به منظور اولویت‌بندی و تحلیل ریسک‌های دریاچه شهدای خلیج فارس انتخاب گردید. لیستی از پارامترها و مشکلات تهیه شد و از طریق تهیه پرسش‌نامه و به روش دلفی برای نظر خواهی از نخبگان این رشته به منظور تأیید پارامترهایی انتخابی اقدام گردید. در تحلیل پرسش نامه‌های به دست آمده از روش Topsis و نرم‌افزار SPSS استفاده گردید. در ادامه ساختار سلسله مراتبی ریسک‌های دریاچه شهدای خلیج فارس با توجه به مطالعات منطقه و شناسایی گزینه‌های ریسک دریاچه، نهایی گردید. به منظور وزن‌دهی به معیارها و زیر معیارها و گزینه‌ها پس از وارد کردن نتایج قضاوت کارشناسی در ماتریس مقایسه‌های زوجی و مقایسه دو به دویی هر یک از عوامل مذکور به صورت رنج اعداد ۹-۱ پیش فرض در روش AHP و با توجه به ویژگی‌های منطقه مطالعاتی داده‌ها، وارد نرم‌افزار EC گردید. امتیازات داده شده در محیط Numerical نرم‌افزار Expert Choice وارد گردید و نرم‌افزار داده‌ها را محاسبه و وزن‌ها (احتمال وقوع) را برای هر ریسک محاسبه نمود (قدسی پور، ۱۳۸۸). در نرم‌افزار Expert Choice، هدف به عنوان اصلی‌ترین شاخه‌ی درخت سلسله مراتبی است. در قدم بعد معیارهای اصلی مؤثر بر هدف به صورت زیر شاخه‌ی هدف که در نرم‌افزار مشخص می‌شود، پر می‌شود. می‌توان برای هر معیار، چند زیر معیار مشخص کرد. بعد از تعریف گزینه‌ها، وزن‌دهی بین معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها انجام می‌شود. وزن‌دهی به چند صورت مقایسه زوجی عددی، گرافیکی و محاوره‌ای و مقایسه کلی در نرم‌افزار قابل اجرا می‌باشد (Moreno-Jimenez, 2005) . در این پژوهش از روش مقایسه زوجی عددی استفاده شده است و همچنین پارامترهای مؤثر بر میزان ریسک توسط مدل AHP و بر اساس منطق FMEA میزان ریسک تعیین شده است. جدول شماره (۱) مراحل ساخت سلسله مراتبی ارزیابی ریسک را نشان می‌دهد.

سلسله مراتبی

درخت سلسله مراتبی تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس مقایسه‌های زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسه‌ها وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم نشان می‌دهد. در نهایت منطق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسه‌های زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد و تصمیم بهینه حاصل می‌گردد (مالچفسکی، ۲۰۰۶).

تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها

برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها چندین روش وجود دارد و معمول‌ترین روش مقایسه دو به دویی است. در این روش معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند و درجه اهمیت هر معیار

نسبت به دیگری مشخص می‌شود. برای این کار می‌توان از یک روش استاندارد (Saaty,1997) استفاده کرد. در این روش برای هر مقایسه دو به دویی، یک عدد ۱ تا ۹ نسبت داده می‌شود، معنی هر عدد در جدول (۲) مشخص شده است. پس از وزن‌دهی، به منظور نرمالیزه کردن آنها از روش تقسیم هر وزن بر مجموع وزن‌های همان ستون استفاده شده است (Cimren *et al*., 2007).

جدول۱- مراحل ساخت سلسله مراتبی ارزیابی ریسک

هدف	ارزیابی ریسک بهره برداری از دریاچه شهدای خلیج فارس					
معیار	عوامل فیزیکی و شیمیایی	عوامل بیولوژیکی	عوامل بهداشتی	عوامل ایمنی	رویدادهای طبیعی	عوامل اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی
زیر معیار	آب و هوا و اقلیم زمین‌شناسی هیدرولوژی خاک شناسی	پوشش گیاهی تنوع جانوری	تولید و دفع پساب سروصدا و ایجاد آلودگی	حوادث	زلزله سیل	تأثیر بر جمعیت تأثیر بر اشتغال
گزینه	سرعت باد میزان بارندگی رطوبت نسبی تأثیر بر آب زیرزمینی کیفیت آب سطحی رسوب گذاری فرسایش	رشد و نمو پلانکتون پر غذایی مهاجرت حیوانات	تخم گذاری و تجمع حشرات	آتش و انفجار غرق شدگی		افزایش جمعیت بهم ریختن امنیت منطقه، بوجود آمدن ترافیک شهری

جدول۲- مقایسه ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دوبه دویی معیارها (Bertolini *et al*., 2006)

امتیاز (شدت اهمیت)	تعریف	توضیح
۱	اهمیت مساوی	در حقیقت هدف دو معیار هدف مساوی دارند.
۳	اهمیت اندکی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقیق هدف اهمیت معیار i بیشتر از j است.
۵	اهمیت بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت i بیشتر از j است.
۷	اهمیت خیلی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت i خیلی بیشتر از j است.
۹	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی بیشتر i به j به طور قطعی به اثبات رسیده است
۲ و ۴ و ۸	----------	هنگامی که حالت‌های میانه وجود دارد.

تعیین ضریب اهمیت گزینه‌ها

بعد از تعیین ضرایب اهمیت معیارها و زیر معیارها ضریب اهمیت گزینه‌ها را باید تعیین کرد. در این مرحله ارجحیت هر یک از گزینه‌ها در ارتباط با هریک از زیر معیارها و اگر معیاری زیر معیار نداشته باشد، مستقیماً با خود آن معیار مورد قضاوت و داوری قرار می‌گیرد. فرایند به دست آوردن وزن (ضریب اهمیت) گزینه‌ها نسبت به هر یک از معیارها شبیه تعیین ضریب اهمیت معیارها نسبت به هدف است. در هر دو حالت، قضاوت‌ها بر مبنای مقایسه دو دویی معیارها یا گزینه‌ها و بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی صورت می‌پذیرد و نتیجه ماتریس دو دویی معیارها یا گزینه‌ها ثبت می‌شود و از طریق نرمالیزه کردن ردیف‌های این ماتریس، ضریب اهمیت مورد نظر به دست می‌آید. (Bertolini *et al*., 2006).

تعیین امتیاز نهایی (اولویت) گزینه‌ها

در این مرحله از تلفیق ضرایب اهمیت مزبور، (امتیاز نهایی) هر یک از گزینه‌ها تعیین خواهد شد. برای این کار از (اصل ترکیب سلسله مراتبی) ساعتی که منجر به (بردار اولویت) با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می‌شود، استفاده شده است (Bertolini *et al*., 2006; Moreno-Jmenez *et al*., 2005).

بررسی سازگاری در قضاوت‌ها

یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی، امکان برای سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارهاست. ساز وکارهای ساعتی برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته شده است و محاسبه ضریبی بنام ضریب ناسازگاری (IR) صورت می‌گیرد و تجزیه و تحلیل سازگاری انجام می‌شود. این معیار همان گونه که قبلاً گفته شد، باید از ۰/۱ کمتر باشد. استفاده از این ضریب به تجزیه و تحلیل تصمیم قبل از انتخاب نهایی مکان کمک می‌کند (Dey & Ramcharan, 2000). در صورتی که معیار سازگاری از ۰/۱ بیشتر شود، نرم‌افزار، کاربر را با اخطار ناسازگاری، با خبر می‌سازد (Changa *et al*., 2007) مقادیر محاسبه معیار ناسازگاری در زیر هر جدول ذکر شده است.

نتایج

شناسایی پارامترهای ریسک دریاچه خلیج فارس واقع در منطقه ۲۲ شهر تهران در سال ۱۳۹۴ در فاز بهره برداری، به منظور تعیین عوامل ریسک به صورت پرسش نامه تهیه شد و برای تأیید درستی آنها، پرسش نامه در اختیار گروهی از نخبگان در رشته‌های مرتبط با محیط زیست قرارگرفت. گروه پرسش شونده از میان گروهی از اساتید دانشگاه (۶۳ درصد) وکارشناسان (۳۷ درصد) انتخاب شد. در ادامه برای تحلیل و اولویت بندی عوامل ریسک مورد تأیید در پرسش نامه از روش Topsis و نرم‌افزار spss استفاده گردید. در روش Topsis همان طور که قبلاً اشاره شد به منظور تحلیل عوامل پرسش نامه ۶ گام اصلی زیر طی گردید.

گام نخست: تشکیل جدول تصمیم

گام دوم: مقدار نرمال شده جدول تصمیم: در این مرحله ماتریس تصمیم نرمالیزه گردید. بدین صورت که هر ستون در ماتریس به طور جداگانه جمع شده، سپس هر سلول ماتریس تقسیم بر جمع هر ستون گردید.

گام سوم: وارد کردن وزن‌ها: به دلیل اینکه نظر افراد مختلف با یکدیگر یکسان است، وارد کردن وزن‌ها اتفاق نمی‌افتد.

گام چهارم: تعیین ایده آل (A+) و ایده آل منفی (A-): دربین هرسطربیشترین مقدارعددی ایده آل مثبت وکمترین مقدارعددی ایده آل منفی را تشکیل می هد (جدول ۳).

جدول۳- ایده آل (A^+) و ایده آل منفی (A^-)

A+	۰/۰۹۰۹	۰/۱۱۳۶	۰/۱۲۱۲	۰/۰۹۲۵	۰/۰۹۲۵	۰/۱۷۳۹	۰/۰۸۳۳	۰/۰۶۹۷
	۰/۱۲۵	۰/۰۹۲۵	۰/۱۸۱۸	۰/۱۳۷۹	۰/۰۸۳۳	۰/۱۱۶۲	۰/۰۹۳	۰/۰۹۲۵
A-	۰/۰۱۵۱	۰/۰۱۲۱	۰/۰۲۷۷	۰/۰۲۰۸	۰/۰۲۰۸	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۲۸	۰/۰۲۰۸
	۰/۰۲۱۷	۰/۰۴۱۶	۰/۰۶۱۲	۰/۰۱۵۱	۰/۰۱۵۱	۰/۰۱۰۲	۰/۰۱۲۸	۰/۰۲۰۸

گام پنجم: تعیین انحراف از ایده آل مثبت و ایده آل منفی: برای تعیین این فاصله از خرد اقلیدسی استفاده می‌گردد. یعنی هر عدد از هر سطر را از اعداد موجود در سطرهای A+ و A- کم کرده، نهاتا اعداد به دست آمده با هم جمع می‌شود، سپس انحرافات به دست آمده به صورت d^+ و d^- آورده می‌شود (جدول ۴).

جدول۴- انحراف از ایده آل‌های مثبت و ایده آل‌های منفی

d^+	-۰/۸۱۰۲	-۰/۴۳۳۲	-۰/۵۱۱	-۰/۴۹۹۴	-۰/۴۹۹۴	-۰/۹۹۳۴	-۰/۸۷۲۶	-۱/۰۴۸۴
	-۰/۷۱۲۸	-۰/۷۷۱	-۰/۰۹۶۶	-۰/۴۶۵۹	-۱/۰۳۴	-۱/۰۸۸۶	-۰/۸۷۴۸	-۰/۶۷۷
d^-	۰/۳۸۹۸	۰/۹۹۶۸	۰/۸۳۹۲	۰/۶۰۴۶	۰/۶۰۴۶	۰/۴۲۵	۰/۴۷۲۷	۰/۴۵۳۱
	۰/۸۶۳۲	۰/۶۴۱۳	۱/۳۱۸۳	۰/۹۵۲۵	۰/۳۷۵۲	۰/۳۴۰۴	۰/۴۳۵۳	۰/۶۷۷۲

گام ششم: cli که بیانگر نزدیکی به ایده آل مثبت و دوری از ایده آل منفی است، از طریق فرمول زیر محاسبه شد (جدول ۵):

$$cli^- = di^+ / di^- + di^+ \quad \text{یا} \quad cli^+ = di^- / di^- + di^+$$

جدول۵- محاسبه cli

Cl_1	Cl_2	Cl_3	C4	Cl_5	Cl_6	Cl_7	Cl_8
-۰/۷۶۱	-۱/۱۸۲	-۰/۷۴۷	۵/۷۴۷	۵/۷۴۷	۲/۵۵	۱/۷۶۸	-۰/۹۲۷
Cl_9	Cl_{10}	Cl_{11}	Cl_{12}	Cl_{13}	Cl_{14}	Cl_{15}	Cl_{16}
۳/۳۸۶	-۰/۹۹	-۰/۴۵۴	-۰/۵۶	۱/۹۵	۱/۰۷۹	-۰/۴۹۴	۵/۷۳

در نهایت رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام گرفته و به ترتیب نزولی cli، گزینه‌های موجود بر اساس بیشترین اهمیت رتبه‌بندی گردیدند و طبق محاسبه‌های انجام شده در این روش به ترتیب گزینه‌های مؤثر بر آب زیر زمینی، کیفیت آب سطحی، پیدایش شغل‌های کاذب، افزایش مواد غذایی، رسوب گذاری، غرق شدگی، فرسایش، تأثیر بر جمعیت، تخم گذاری و تجمع حشرات، آتش و انفجار، بهم ریختن امنیت و ترافیک، رطوبت نسبی سرعت باد، رشد و نمو پلانکتون و بارش تعیین می‌گردد.

البته استفاده از روش پرسش نامه تنها به منظور تأیید گزینه‌های انتخاب شده به عنوان ریسک دریاچه در مرحله بهره‌برداری می‌باشد و گزینه‌های اصلی ریسک دریاچه در مرحله بهره برداری بوده وگزینه های اصلی ریسک این پروژه با توجه به ویژگی‌های منطقه و دریاچه از بین عوامل گفته شده انتخاب شده‌اند و روش اولویت‌بندی آنها بر اساس AHP می‌باشد.

تجزیه و تحلیل ریسک‌ها

ابتدا، وزن بین معیارها تعیین شدند. این وزن‌ها با

توجه به اهمیت معیارها در مقابل یکدیگر، نسبت به هدف (ارزیابی ریسک بهره‌برداری از دریاچه شهدای خلیج فارس) بررسی شدند و معیارهای لایه اصلی با یکدیگر مقایسه گردید (جدول ۶). در تمامی جدول‌ها اعداد نمایش داده شده، بر اساس اهمیت معیار ردیف افقی نسبت به معیارردیف عمودی است. مقدار هر عدد نیز با توجه به مقادیر جدول (۲) و بر اساس معیار ساعتی تعیین شده است. چنانچه معیار عمودی ارجحیت بیشتر نسبت به معیار افقی داشته باشد، اعداد به رنگ قرمز وارد شده است. پس از مقایسه معیارهای لایه اصلی نوبت به زیر معیار می‌رسد. در این مرحله برای هر معیار، زیر معیارهای آن با یکدیگر مقایسه شده است. پس از مقایسه زوجی بین معیارها برای هر زیر لایه نیز مقایسه صورت پذیرفت و زیر معیارهای هر لایه به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. در نتیجه برای معیارهای فیزیکی و شیمیایی، بیولوژیکی، بهداشتی، ایمنی، رویدادهای طبیعی و معیاراقتصادی واجتماعی هرکدام یک مقایسه برای زیر معیار انجام شده است. در این گام تعدادی از ریسک‌های ناشی از بهره برداری از دریاچه منطقه ۲۲ در قالب پرسش نامه با عنوان ارزیابی ریسک بهره‌برداری از دریاچه با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه MADM به منظور شناسایی ریسک‌های حائز اهمیت بین کارشناسان محیط زیست و مردم عادی توزیع گردید.

در ادامه کار از روش فرایند سلسله مراتبی به منظور محاسبه احتمال وقوع هر ریسک استفاده شده است به این منظور برای ریسک‌های شناسایی شده حائز اهمیت ساختار سلسله مراتبی رسم گردید. ماتریس‌های مقایسه زوجی به منظور تعیین احتمال وقوع هر ریسک بر اساس ساختارهای رسم شده طراحی و بین کارشناسان توزیع گردید. امتیازهای داده شده را در محیط Numerical نرم‌افزار Expert Choice وارد کرده و نرم‌افزار به صورت خودکار داده‌ها را محاسبه و وزن‌ها (احتمال وقوع) را برای هر ریسک محاسبه کرد (قدسی پور،۱۳۸۸). با توجه به آنالیز انجام گرفته توسط نرم‌افزار Expert Choice وزن نسبی هر یک از ریسک‌ها بر حسب احتمال وقوع محاسبه گردید که نتایج حاصل از آن در جدول‌های (۶، ۷، ۸ و ۹) نشان داد شده است. در این مرحله برای هر معیار، زیر معیارهای آن با یکدیگر مقایسه می‌شوند. پس از مقایسه زوجی بین معیارها برای هر زیر لایه نیز مقایسه صورت می‌پذیرد. نتیجه وزن نسبی هر یک از ریسک‌ها بر حسب احتمال وقوع و معیارهای فیزیکی و شیمیایی، بیولوژیکی، بهداشتی، ایمنی، رویدادهای طبیعی و معیار اقتصادی واجتماعی هرکدام به عنوان یک مقایسه برای زیر معیار محاسبه گردید، نتایج حاصل در جدول‌های (۶، ۷، ۸ و ۹) نشان داد شده است.

جدول۶- مقایسه زوجی معیارها ارزیابی ریسک دریاچه خلیج فارس

معیارها	عوامل فیزیکی و شیمیایی	عوامل بیولوژیکی	عوامل بهداشتی	عوامل ایمنی	رویدادهای طبیعی	عوامل اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی	وزن
عوامل فیزیکی و شیمیایی	۱	۵	۳	۳	۵	۳	۰/۱۸۳
عوامل بیولوژیکی		۱	۳	۳	۵	۳	۰/۰۷۸
عوامل بهداشتی			۱	۳	۵	۳	۰/۲۳۷
عوامل ایمنی				۱	۳	۵	۰/۰۹۶
رویدادهای طبیعی					۱	۵	۰/۰۳۶
عوامل اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی						۱	۰/۳۷۱

در اینجا به علت تعداد زیاد مقایسه‌ها از آوردن همه آنها صرف نظر گردید و به عنوان نمونه مقایسه زوجی زیر معیارهای فیزیکی و شیمیایی در جدول (۷) آورده شده است.

۷- مقایسه زوجی زیر معیارهای معیار فیزیکی و شیمیایی در ارزیابی ریسک دریاچه

زیر معیار	آب و هوا و اقلیم	زمین شناسی	هیدرولوژی	خاک شناسی	وزن
آب و هوا و اقلیم	۱	۵	۴	۳	۰/۱۴۲
زمین شناسی		۱	۶	۴	۰/۰۵۳
هیدرولوژی			۱	۵	۰/۵۸۴
خاک شناسی				۱	۰/۲۲۱

(نرخ ناسازگاری ۰/۱۶)

جدول۸- مقایسه زوجی گزینه‌های زیر معیارهای هیدرولوژی

گزینه	کیفیت آب سطحی	تأثیر بر آب زیر زمینی	وزن
تأثیر بر آب زیرزمینی	۱	۴	۰/۸۰۰
کیفیت آب سطحی		۱	۰/۲۰۰

(نرخ ناسازگاری ۰/۰)

جدول۹- مقایسه زوجی زیر معیارهای معیار عوامل اقتصادی اجتماعی

زیر معیار	اشتغال و درآمد	جمعیت	وزن
اشتغال	۱	۵	۰/۸۳۳
جمعیت		۱	۰/۱۶۷

(نرخ ناسازگاری ۰/۰)

EFMEA، تکنیک ارزیابی ریسک سازمان یافته و سیستماتیک برای شناسایی خطرهای بالقوه و برآورد سطح ریسک در راستای مدیریت ریسک و کاهش آن به سطحی قابل قبول است. سپس با توجه به شدت اثر، احتمال وقوع و گستره آلودگی کار ارزیابی و طبقه‌بندی ریسک‌ها انجام شد. در این روش شدت اثر و گستره آلودگی از طریق جدول‌های مرجع، محاسبه گردیده واحتمال وقوع نیز از طریق نرم‌افزار EC وارد کاربرگ EFMEA گردیده و عدد اولویت ریسک برای هر کدام محاسبه گردید. نحوه امتیازدهی به این ترتیب بود که برای مشخصه «شدت» اعدادی بین ۱ تا ۵ داده شد، برای گستره آلودگی نیز به همین صورت امتیازدهی صورت گرفت، بدین ترتیب که بیشترین امتیاز عدد ۵ و کمترین امتیاز ۱ را به خود اختصاص داده‌اند، توضیح پارامترهای فوق در جداول ۱۰ و ۱۱ آمده است(Danielsson & Gunnarsson, 2001).

گسترده آلودگی× احتمال وقوع × شدت = ضریب تخریب محیط زیست

جدول۱۰- رتبه بندی شدت وقوع EFMEA

شدت	شرح شدت	امتیاز
شدید/ فاجعه آفرین	بسار مضر یا مخرب بالقوه/ اتلاف یا مصرف بسیار زیاد منابع	۵
جدی	مضر اما مخرب بالقوه نمی‌باشد/ اتلاف یا مصرف زیاد منابع	۴
متوسط	نسبتاً مضر/ اتلاف یا مصرف متوسط منابع	۳
خفیف	پتانسیل کم برای ضرردارد/ اتلاف یا مصرف کم منابع	۲
ضرر ناچیز	ضرر ناچیز و قابل صرف نظر کردن می‌باشد/ اتلاف یا مصرف ناچیز منابع	۱

بر گرفته از: (Danielsson & Gunnarsson, 2001).

جدول۱۱- رتبه بندی گستره آلودگی EFMEA

گستردگی آلودگی	امتیاز
منطقه‌ای (منطقه ۲۲)	۵
در سطح پروژه (دریاچه خلیج فارس)	۴
در سطح کارگاه	۳
در سطح واحد (واحد)	۲
در سطح ایستگاه کاری (همان نقطه)	۱

بر گرفته از: (Danielsson & Gunnarsson, 2001).

جدول۱۲- کاربرگ EFMEA

عملیات / تجهیزات	جنبه محیط زیستی	پیامد / اثر	شدت اثر	احتمال وقوع	گستره آلودگی	عدد اولویت ریسک اولیه (PRN)
اثر بر هوا و اقلیم	تغییر در رطوبت نسبی با افزایش جذب انرژی خورشید	-	۲	۰/۵۴۰	۴	۷/۴۶
	تغییر در مقدار بارش	آلودگی هوا	۲	۰/۱۶۳	۴	۱/۳۰۴
	تغییر در سرعت باد	-	۲	۰/۲۹۷	۴	۲/۳۷۶
اثر بر ویژگی‌های خاک شناسی	رسوب گذاری از طریق احداث کانال آبرسانی از رودخانه کن به دریاچه فعالیت‌های تعمیر و نگهداری ماشین آلات	آلودگی خاک (نشست مواد سوختی و روغنی)	۴	۰/۷۵۰	۳	۹
	فرسایش	آلودگی خاک	۴	۰/۲۵۰	۳	۳
هیدرولوژی	تأثیر بر آب زیرزمینی	آلودگی آب	۴	۰/۸۰۰	۵	۱۶
	کیفیت آب سطحی	آلودگی آب	۴	۰/۲۰۰	۴	۴
عوامل بیولوژیکی	رشد ونمو پلانکتون	آلودگی آب	۴	۰/۱۶۷	۳	۲/۰۰۴
	پر غذایی	آلودگی آب	۴	۰/۸۳۳	۳	۹/۹۹۶
عوامل بهداشتی	تولید ودفع پساب	آلودگی آب و خاک	۳	۰/۵۴۰	۳	۴/۸۶
	سروصدا وایجاد آلودگی	آلودگی صوتی	۳	۰/۱۶۳	۴	۱/۹۵۶

	رشد و تجمع حشرات		۳	۰/۲۹۷	۴	۳/۵۴۶
عوامل ایمنی	آتش وانفجار	آلودگی هوا	۴	۰/۱۶۷	۲	۱/۳۳۶
	غرق شدگی	-	۴	۰/۸۳۳	۱	۳/۳۳۲
رویدادهای طبیعی	سیل		۴	۰/۸۳۳	۴	۱۳/۳۲۸
	زلزله		۴	۰/۱۶۷	۴	۲/۶۷۲
عوامل اقتصادی و اجتماعی	افزایش جمعیت	آلودگی صوتی	۳	۰/۱۰۹	۵	۱/۶۳۵
	افزایش ترافیک وبهم ریختن امنیت	آلودگی صوتی	۳	۰/۳۰۹	۴	۳/۷۰۸
	پیدایش شغل‌های کاذب	آلودگی منظر	۴	۰/۵۸۲	۴	۹/۳۱۲

بحث و نتیجه‌گیری

همان طور که بیان شد هدف از انجام این مطالعه ارزیابی ریسک بهره‌برداری از دریاچه شهدای خلیج فارس در فاز بهره برداری می‌باشد. برای دستیابی به این هدف پس از مطالعه در زمینه روش‌های مختلف ریسک دریاچه، روش‌های تصمیم گیری چند معیاره از جمله AHP و TOPSIS بدلیل آنکه در مقایسه با سایر روش‌ها، موجود عرصه بیشتری را به کاربر برای وارد کردن عوامل زیست محیطی می‌دهند، به عنوان روش کار انتخاب شد. برای انتخاب گزینه‌های ریسک دریاچه از روش پرسش نامه و نظر سنجی استفاده گردید، سپس ساختار سلسله مراتبی این تحقیق ترسیم گردید.

در زمینه محاسبه وزن نسبی و نهایی گزینه‌ها، معیارها و زیر معیارها از طریق وارد کردن نتایج مقایسات شفاهی به نرم‌افزار EC مبادرت به عمل آمد، در نهایت به تحلیل هریک از عوامل و دلایل اولویت آنها پرداخته شد، تجزیه تحلیل اولویت‌بندی ریسک‌های ناشی از دریاچه و نتایج به دست آمده حاکی از آن است که در بخش محیط فیزیکی و شیمایی تأثیر بر آب زیرزمینی و سپس رسوبگذاری به عنوان مهم‌ترین ریسک و در بخش بیولوژیک عامل افزایش مواد غذایی و سپس رشد و تجمع حشرات به عنوان مهم‌ترین ریسک شناخته شده است و در بخش عوامل بهداشتی تولید و دفع پساب و در بخش ایمنی عامل غرق شدگی و در بخش رویدادهای طبیعی عامل سیل و هم چنین در بخش عوامل اقتصادی – اجتماعی اشتغال شغل‌های کاذب و سپس از بین رفتن امنیت و پیدایش ترافیک به عنوان ریسک‌های شاخص شناخته شده‌اند. در ادامه برای کاهش یکسری ریسک‌های شاخص در فاز بهره‌برداری دریاچه بهتر است، راهکارهای مدیریتی ریسک زیست محیطی انجام گیرد.

گرچه تاکنون تحقیقی در زمینه ارزیابی ریسک دریاچه صورت نگرفته است، ولی Lindsay در تحقیقات خود از روش FMEA استفاده کرده و بر انعطاف پذیری این روش جهت ارزیابی ریسک تاکید کرده است و به تأثیر عوامل مختلف محیطی در ارزیابی ریسک پروژه‌ها اشاره نموده و ارزیابی شرایط محیطی را به عنوان یک الزام در ارزیابی ریسک پروژه‌ها بیان نموده است. همچنین Nori و همکاران در تحقیقات خود در سال ۲۰۱۰ درباره ارزیابی ریسک نیز از روش FMEA استفاده کرده‌اند. در این تحقیق به وجود الزام از یک منطق MCDM از ارزیابی ریسک برای جلوگیری از تأثیر نظرهای شخصی ارزیابی‌ها در میزان ریسک و تصمیم‌گیری مدیریت ریسک و اولویت بندی اقدامات اشاره نموده‌اند، در همین رابطه نیز Singh و Makeset نیز در سال ۲۰۱۲ اشاره به کاربرد روش‌های تصمیم گیری در ارزیابی و مدیریت ریسک نموده است.

به منظور مقایسه نتایج این تحقیق با سایر مطالعات، می‌توان اظهار نمود که بیشتر محققین از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در زمینه مشابه

استفاده کردند، در تحقیق حاضر در بکارگیری مدل AHP این نکته قابل توجه است که از این روش به منظور رتبه بندی در زمینه‌های مختلف به صورت کلی و تکمیل کننده روش GIS استفاده شده و جزئیات به کارگیری این مدل به صورت مرحله به مرحله توضیح داده شده است.

منابع

اصغر پور، م. ج. ۱۳۸۷. تصمیم گیری‌های چند معیاره، چاپ پنجم. انتشارات دانشگاه تهران. ایران.

مالچفسکی، ب. ۲۰۰۶. سامانه اطلاعات جغرافیایی وتحلیل تصمیم گیری چند معیاری. ترجمه: پرهیزکار، ا. و غفاری گیلانده، ع. ۱۳۸۵. انتشارات سمت، تهران.

دقیق، ی.، مددی، ا. و دقیق، ح. ۱۳۸۷. بررسی کیفی منابع تأمین آب و کنترل کیفیت آب دریاچه مصنوعی چیتگر. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه تبریز. ایران.

رستمی، م. و اقبالی، س. ۱۳۹۰. تأثیر تأمین آب دریاچه چیتگر بر وضعیت منابع و مصارف آب رودخانه کن. چهارمین کنفرانس منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

قدسی پور، ح. ۱۳۸۸. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه پلی تکنیک (امیرکبیر). تهران.

لولاچی، م.۱۳۸۶. استفاده از الگوریتم Topsis جهت انتخاب مراکز تعمیرات دپویی برتر. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد نگهداری و تعمیرات، دانشگاه علم و صنعت. تهران.

Bertolini, M., Braglia, M. & Carmignani, G. 2006. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract. *International Journal of Project Management*, 24:422-30.

Çimren, E., Çatay, B. & Budak, E. 2007. Development of a machine tool selection system using AHP. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35: 363–376.

Changa, K. F., Chiangb, C. M. & Chouc, P. C. 2007. Adapting aspects of GB Tool 200`—searching for suitability in Taiwan. *Building and Environment*, 42: 310–316.

Danielsson, M. & Gunnarsson, S. A. 2001. Guideline for implementation of environment failure mode and effect analysis method. Marmait Pub. Sofia, Bulgaria.

Dey, P. K. & Ramcharan, E. K. 2000. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. *Journal of Environmental Management*, 88: 1384–1395.

Hajkowicz, S. & Collins, K. 2007. A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resources Management*, 21(9): 1553-1566.

Moreno-Jiménez, J. M., Aguarón, J., Raluy, A. & Turón, A. 2005. A spreadsheet module for consistent AHP-consensus building. *Group Decision and Negotiation*, 14(2): 89-108.

Lindsay, F. D. 1992. Successful health and safety management the contribution of management audit. *Safety Science*, 15: 387-402.

Nouri, J., Mansouri, N., Abbaspour, M., Karbasi, A. R. & Omirvari, M. 2011. Designing a developed model for assessing the disaster include vulnerability value in educational centres. *Safety Science*, 1: 1010-1016.

Saaty, T. L. 1997. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15: 234-281.

Singh, M. & Makeset, T. 2009. A methodology for risk-based in section planning of oil and gas pipes based on fuzzy logic framework. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 16: 2098-2113.