برنامه‌ریزی و آمایش فضا
دوره ۲۳، شماره۴زمستان ۱۳۹۸

ارائه‌ی مدل نوین ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سدها در مرحله‌ی ساختمانی (مطالعه‌ی موردی: سد بالارود خوزستان)

سحر درویشی*[۱]، سید علی جوزی[۲]، سعید ملماسی[۳]، سحر رضایان[۴]

۱- دانشجوی دکتری محیط‌زیست، دانشکده‌ی فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.
۲- استاد تمام گروه محیط‌زیست، دانشکده‌ی فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.
۳- استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده‌ی فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.
۴- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده‌ی فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شاهرود.

دریافت:۹۷/۲/۱۰..... پذیرش:۹۸/۳/۱۱

چکیده

پروژه‌های سدسازی اثرات جدی بر پارامترهای محیط‌زیستی می‌گذارند؛ بنابراین، ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت ریسک محیط‌زیستی در این پروژه‌ها است. پژوهش حاضر با هدف ارائه‌ی مدل نوین ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سدها در مرحله‌ی ساختمانی انجام شده است. پس از شناسایی ریسک‌های محیط‌زیستی و بهره‌گیری از روش EFMEA، عدد اولویت ریسک مربوط به هریک از جنبه‌های محیط‌زیستی محاسبه و طبقه‌بندی شد. سپس، برای ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی شناسایی‌شده، از روش VIKOR استفاده شد. نتایج نشان داد که در روش EFMEA و با مقایسه‌ی اعداد ریسک محاسبه‌شده، ریسک آلودگی آب رودخانه بالارود با عدد اولویت ریسک ۱۲۵ در اولویت اول قرار دارد. در روش VIKOR، ریسک‌های آلودگی آب در شرایط توافق (بالا، متوسط، پایین) با وزن‌های (۱,۳۰۰، ۱,۰۰۰ و ۰,۷۰۰)، به‌عنوان مهم‌ترین ریسک شناسایی شد. در مقاله‌ی حاضر، با استفاده از روش EFMEA و VIKOR در ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد، مهم‌ترین ریسک‌ها تعیین شد. مهم‌ترین اقدام اصلاحی پیشنهادی برای کاهش ریسک‌های محیط‌زیستی، احداث و تکمیل تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب برای واحدهای صنعتی است.

---

* نویسنده‌ی مسئول E-mail: sajozi@yahoo.com

واژگان کلیدی:ریسک محیط‌زیستی، مدل VIKOR ، مدل EFMEA، سد.

۱- مقدمه

از آنجا که پروژه‌های سدسازی بر پارامترهای محیط‌زیستی اثرات جدی می‌گذارند، ممکن است اثرات واقعی شناسایی‌شده در مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی (Post EIA)[1] با نتایج پیش‌بینی‌شده در گزارش (EIA)[2] سد متفاوت باشند (Zhang & et-al, 2010: 72). چنانچه بین اثرات واقعی شناسایی‌شده در مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی با اثرات پیش‌بینی‌شده در گزارش (EIA) تفاوتی وجود داشته باشد، استفاده از آن برای مستدل کردن طرح حفاظت محیط‌زیست و تأیید نتایج پیش‌بینی‌شده ممکن می‌شود. بنابراین، کیفیت محیط‌زیست پس از تکمیل پروژه به‌طور مکرر ارزیابی و درنتیجه، اقدامات اصلاحی متناسب پیشنهاد می‌شود (Bai & et-al, 2009: 62; Wang & et-al, 2012: 1441). انجام مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی برای پروژه‌های ساختمانی مؤثر بر منطقه ضروری است. از آنجا که EIA در اوایل کار انجام می شود، ممکن است اثرات محیط‌زیستی به‌طور دقیق در مدت طولانی پیش‌بینی نشده باشند (Dipper, 2010: 52). پساارزیابی به اعتبار یا صحت احداث سد، اقدامات اصلاحی در محیط پیرامون و پایش اقدامات انجام‌شده به‌منظور حفظ توسعه‌ی پایدار سدها اطلاق می‌شود (Ang & et-al, 2014: 3451). احداث سدهای بزرگ آثار محیطی، بیولوژیکی، بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی مهمی را در محیط اطراف به‌وجود می‌آورد (فرجزاده و رستم‌زاده، ۱۳۸۶: ۴۸). سدسازی فعالیتی عمرانی و نسبتاً پرسابقه است که بشر از دیرباز تاکنون، به آن برای تأمین، کنترل و هدایت منابع آبی توجه داشته است (شریفی‌کیا و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۴۴). باتوجه به رشد و توسعه‌ی سدسازی در جهان، به‌ویژه در ایران، بررسی آثار محیط‌زیستی سد اهمیت خاصی دارد. بنابراین، باتوجه به اینکه پروژه‌های سدسازی بر محیط اطراف خود ریسک‌های بالقوه در عملیات ساخت و همچنین در مرحله‌ی بهره‌برداری دارند، باید در مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی، عوامل ایجادکننده‌ی ریسک‌ها و ریسک‌های حاصل از این پروژه‌ها شناسایی شوند و انجام اقداماتی برای به حداقل رساندن این ریسک‌ها پیشنهاد شود. ارزیابی ریسک محیط‌زیست سدها ابزاری برای این کار است. ارزیابی ریسک محیط‌زیستی یک گام فراتر از ارزیابی ریسک است و در آن، علاوه‌بر بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف ریسک، ضمن شناخت کامل از محیط‌زیست منطقه‌ی تحت‌تأثیر، میزان حساسیت محیط‌زیست متأثر و

1.Post Environmental Impact Assessment
2.Environmental Impact Assessment

همچنین ارزش‌های خاص محیط‌زیستی منطقه در تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک منطقه درنظر گرفته می‌شود (Heller, 2006: 60; Morales-Torres & et-al, 2016: 1471). لذا ارزیابی ریسک محیط‌زیستی یک نیاز قانونی برای فعالیت‌هایی است که پتانسیل تخریب بر سلامت انسان و یا محیط‌زیست دارند (Oslen, 2001: 389). درادامه، به برخی از مهم‌ترین مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی و ارزیابی ریسک سد اشاره می‌کنیم.

۲- چارچوب نظری

همانطوریکه در مقدمه امد ،ارزیابی ریسک محیط‌زیستی یک گام فراتر از ارزیابی ریسک است و در آن، علاوه‌بر بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف ریسک، ضمن شناخت کامل از محیط‌زیست منطقه‌ی تحت‌تأثیر، میزان حساسیت محیط‌زیست متأثر و همچنین ارزش‌های خاص محیط‌زیستی منطقه در تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک منطقه درنظر گرفته می‌شود در این چارچوب استفاده از روش‌های تلفیقی ازاهمیت برخوردار است. تا جاییکه ازدیدگاه وانگ و همکاران (۲۰۱۲)، در فرآیند پساارزیابی، اثرات واقعی پروژه‌ها پس از مرحله‌ی ساخت بررسی می‌گردد و بستر مناسبی برای مقایسه‌ی نتایج پیش‌بینی‌شده در EIA و نتایج واقعی فراهم می‌شود. تفاوت میان این نتایج به سنجش صحت و دقت پیش‌بینی‌های حاصل از فرآیند EIA کمک می‌کند. همچنین، از این طریق، ارزیابی کیفیت محیط زیست پس از اجرای پروژه ممکن می‌شود. در این مطالعه، روش‌ها و مفاهیم پسا بررسی و درنتیجه، مرجع مناسبی برای مدیریت محیط‌زیستی پروژه‌های سدسازی فراهم شده است. ساماراس و همکاران (۲۰۱۴) ریسک‌های سه سد در یونان را در مرحله‌ی بهره‌برداری با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی AHP و ELECTRE (روش تصمیم‌گیری چندشاخصه) بررسی کردند. آن‌ها توانستند خطر فرسایش درونی را در دو سد شناسایی کنند. رضایان و همکاران (۲۰۱۶) خطرات احتمالی ناشی از احداث سد گاوی در استان ایلام را با استفاده از مدل MIKE-۱۱ و روش TOPSIS بررسی کردند. آن‌ها با استفاده از مدل MIKE-۱۱، ناحیه سیلابی را شبیه‌سازی کردند و نتیجه گرفتند که در حوزه‌ی آبخیز موردمطالعه، ریسک های تجزیه‌ی زیستگاه، آلودگی آب و اثرات روی آبزیان، در بالاترین سطح ریسک قرار دارد. شفیعی حق‌شناس و همکاران (۲۰۱۶) برای ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد علویان، از روش رتبه‌بندی تصمیم‌گیری چندگانه‌ی فازی استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که ریسک «اشتباه در طراحی» بالاترین سطح ریسک و

ریسک «زلزله» پایین‌ترین سطح ریسک را به خود اختصاص داده‌اند. جوزی و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ی خود درمورد ارزیابی ریسک محیط‌زیستی نیروگاه گاز در جنوب ایران، عوامل خطر را شناسایی کردند و باتوجه به شدت و احتمال وقوع و گستره‌ی آلودگی، از روش EFMEA برای ارزیابی خطرات استفاده نمودند. آن‌ها برای بهبود تکنیک EFMEA، روش EFMEA و TOPSIS را به‌کار بردند. در تحقیق آن‌ها، انفجار و نشت گاز به‌عنوان مهم‌ترین ریسک‌ها شناسایی شدند.

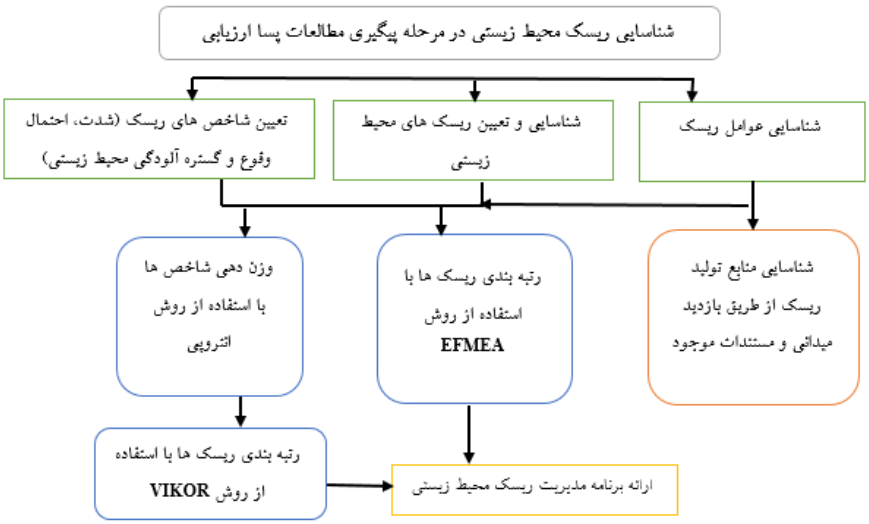
تحقیق حاضر با هدف ارائه‌ی مدل نوین ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سدها در مرحله‌ی ساختمانی، با استفاده از روش‌های تلفیقیEFMEA & VIKOR (مطالعه‌ی موردی سد بالارود خوزستان) انجام شده است.

۳- مواد و روش‌ها

هدف از اجرای این تحقیق، تدوین مدل نوین ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سدها طی مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی (POST EIA) در مرحله‌ی ساختمانی سد بالارود خوزستان است. ابتدا برای شناسایی ریسک‌های پروژه، باتوجه به مطالعات انجام‌شده درزمینه‌ی ریسک سدها در دنیا و ایران و براساس مطالعات فنی و محیط‌زیستی و جمع‌آوری اطلاعات پایه و همچنین با انجام بازدید میدانی از پروژه‌ی سد بالارود خوزستان و مصاحبه با کارشناسان و استادان محیط‌زیست، نتایج آزمایش‌های مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی را بررسی کردیم. در منطقه‌ی موردمطالعه، ابتدا جنبه‌های محیط‌زیستی را با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل نقاط شکست و آثار محیط‌زیستی (EFMEA)[1] شناسایی و ارزیابی نمودیم. سپس، ریسک‌های محیط‌زیستی تعیین‌شده در مرحله‌ی پیگیری را براساس معیارهای شدت، احتمال وقوع و گستره‌ی آلودگی با استفاده از روش انتروپی وزن‌دهی کردیم. در مرحله‌ی بعدی، باتوجه به مطالعه‌ی روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در پروژه‌های مختلف و با درنظر گرفتن ویژگی‌های سد و محیط‌زیست تحت‌تأثیر و انواع ریسک‌های محیط‌زیستی ناشی از پروژه، در تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی از تکنیک راهکار توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره (VIKOR) استفاده کردیم که یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای حل مسئله‌ی تصمیم‌گیری گسسته است. مدل‌های چندشاخصه برای انتخاب یک گزینه ازمیان گزینه‌های محدود به‌کار می‌رود (امین‌زاده گوهرریزی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۴). درادامه، هریک از روش‌های

1. Environmental Failure Modes and Effects Analysis

EFMEA و VIKOR را به‌ترتیب شرح می‌دهیم. شکل ۲ روند اجرای ارزیابی ریسک سد بالارود در مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی در این تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۲: روند اجرای ارزیابی ریسک سد بالارود در مطالعات پساارزیابی

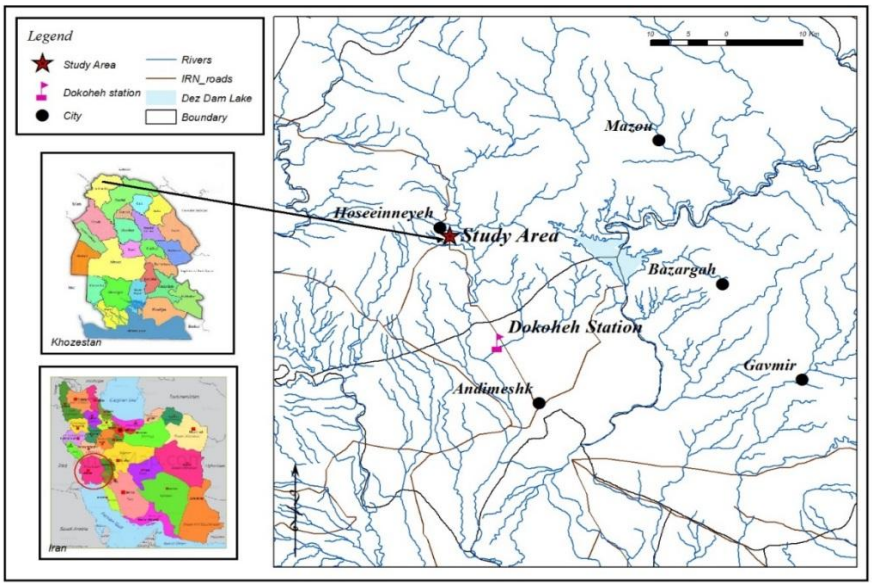
۱-۳- آزمایش‌های انجام‌شده در بخش محیط‌زیستی سد بالارود(منطقه‌ی موردمطالعه)

محل احداث سد مخزنی بالارود در خوزستان، در حدفاصل اندیمشک و حسینیه، بین طول‌های جغرافیایی ′۱۵ و °۴۸ تا ′۲۰ و °۴۸ شرقی و نیز عرض‌های جغرافیایی ′۳۸ و °۳۲ تا ′۴۵ و °۳۲ شمالی و در فاصله‌ی تقریباً ۲۵ کیلومتری اندیمشک، روی رودخانه‌ی بالارود از سرشاخه‌های رودخانه‌ی دز واقع شده است. منابع آب سطحی موجود در منطقه‌ی موردمطالعه، رودخانه‌های دز و بالارود هستند. این سد با هدف کنترل سیلاب‌های رودخانه‌ی بالارود، کاهش سیلاب رودخانه‌ی دز و تأمین آب موردنیاز حدود ۶۹۹۰ هکتار از اراضی کشاورزی، در دست احداث است. تولید ۱۱/۵ گیگاوات ساعت در سال انرژی برقابی و حفظ شرایط محیط‌زیستی پایین‌دست سد از اهداف دیگر سد بالارود هستند. عملیات و فعالیت‌های سد مخزنی بالارود در دو مرحله‌ی آماده‌سازی و اقدامات زیربنایی و اجرا (ساخت) درحال انجام است. جدول ۱ بعضی

از مشخصات فنی سد و شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محدوده‌ی مطالعاتی را نشان می‌دهد (سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۹: ۲۹).

جدول ۱: مشخصات فنی سد

نوع سد	خاکی با هسته‌ی رسی قائم
طول تاج	۱۰۷۰ متر
عرض تاج	۱۰ متر
ارتفاع از کف رودخانه	۷۵/۵ متر
ارتفاع از پی	۷۷/۵ متر
حجم کل مخزن	۱۳۱ میلیون متر مکعب
حجم رسوب ۵۰ساله	۳۹/۵۲ میلیون متر مکعب



شکل ۱: موقعیت محدوده‌ی مطالعاتی

در این تحقیق، به‌منظور شناسایی مهم‌ترین ریسک‌های محیط‌زیستی سد بالارود خوزستان، پارامترهای کیفیت هوا، آب و صدا را بررسی کردیم.

بی‌شک درطی مرحله‌ی ساختمانی، تغییر عمده در کیفیت آب رودخانه به‌دلیل افزایش سرعت و لایه‌روبی بستر تا فاصله‌ای از مسیر رودخانه پیش خواهد آمد و کیفیت آب (به‌ویژه ازنظر کدورت)

کاهش می‌یابد. برای بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌ی بالارود در ایستگاه آنلاین منطقه (ایستگاه دوکوهه)، با استفاده از روش‌های تیتراسیون، رفلاکس، وزن‌سنجی، فتومتری و جذب اتمی ازنظر شاخص‌های TDS[1] و هدایت الکتریکی (EC)[2] درطی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ و میزان BOD[3]، COD[4] و کلیفرم مدفوعی را آزمایش کردیم. در مرحله‌ی ساختمانی، باتوجه به عملیات خاکبرداری و خاکریزی، قطعاً گردوغبار زیادی به‌پا می‌شود و دراثر مصرف سوخت‌های نسبتاً سنگین در ماشین‌آلات حین عملیات ساختمانی علاوه‌بر گردوغبار، میزان زیادی SO_2، دود، CO و ذرات معلق تولید می‌شود. بنابراین، از پمپ Hivol ساخت انگلستان و از روش گراویمتری و دستگاه LSI به‌ترتیب برای اندازه‌گیری ذرات معلق و سنجش آلاینده‌های گازی استفاده کردیم. این آزمایش‌ها را در سال ۱۳۸۹ به روش موضعی و ازطریق نمونه‌برداری در هشت موقعیت از منطقه‌ی مطالعاتی انجام دادیم. خروجی اگزوز، ماشین‌آلات و خروجی دهانه‌ی تونل را به‌عنوان محل نمونه‌برداری انتخاب نمودیم. میزان آلودگی صوتی را با دستگاه صداسنج Cell 4-40 ساخت Casllacell کشور انگلستان و با استاندارد IEC651.1979 برای محیط کارگاه و محل احداث تونل در هشت جهت اصلی (منتهی‌الیه ضلع شمالی، جنوبی، شرقی، غربی، شمال غربی، شمال شرقی، جنوب غربی، جنوب شرقی) و در فاصله‌ی ۴۰ کیلومتری تجهیزات بررسی کردیم. وضعیت تراز فشار صوت و آلودگی صوتی را با استفاده از روش ارزیابی تراز معادل در شبکه‌ی وزنی A به‌مدت ۳۰ دقیقه (مصوب ماده‌ی ۲ آیین‌نامه‌ی اجرایی نحوه‌ی جلوگیری از آلودگی صوتی) محاسبه نمودیم.

۲-۳- رتبه‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی

۱-۲-۳- روش تجزیه و تحلیل نقاط شکست و آثار محیط‌زیستی EFMEA

مطالعات اولیه و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به سد بالارود را ازطریق بازدید میدانی، مصاحبه با کارشناسان مستقر در تأسیسات و کارشناسانHSE[5] انجام دادیم. بعد از به‌دست آوردن عوامل ریسک نهایی، برای نشان دادن ریسک‌ها، برگه‌ی کاری را برای فاز ساختمانی در تکنیک تجزیه و تحلیل نقاط شکست و آثار محیط‌زیستی (EFMEA) تهیه کردیم. EFMEA یکی از گرایش‌های تکنیک FMEA[6] است و درمورد محیط‌های باز و محیط‌زیست استفاده می‌شود و در آن، به‌جای استفاده از احتمال کشف (ویژه‌ی محیط‌های سربسته و ریسک‌های ایمنی است)، از فاکتور

1. Total Dissolved Solids
2. Electrical Conductivity
3. Biochemical Oxygen Demand
4. Chemical Oxygen Demand
5.Health and Safety Executive
6. Failure Modes and Effects Analysis

گستره‌ی آلودگی استفاده شده است که برای ریسک‌های محیط‌زیستی مناسب‌تر است. این مؤلفه در شدت و احتمال وقوع اعمال شده است (جدول ۵). این برگه‌ی کار را استادان و کارشناسان بررسی و روایی محتوایی آن را تأیید کردند. برای بررسی پایایی ابزار نیز ابتدا با پیش‌آزمونی، پرسش‌نامه‌ای را در اختیار ۳۰ نفر قرار دادیم. سپس، پایایی پرسش‌نامه را با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ محاسبه کردیم که ضریب ۰/۹۲ به‌دست‌آمده سطح بالای پایایی را نشان می‌دهد. در این تحقیق، از تکنیک EFMEA استفاده کردیم که کارایی فرآیند FMEA را ازطریق حل دو مسئله‌ی بسیار مهم، شامل عدد اولویت‌بندی ریسک RPN[1] و مقایسه‌ی اقدامات اصلاحی، ارتقا می‌دهد. به‌طور کلی، فرآیند EFMEA مبنایی برای انتخاب اقدام اصلاحی بهینه فراهم می‌کند. همچنین، این روند امکان اجرای یک اقدام و مقدار RPN موردانتظار پس از اجرای آن را درنظر می‌گیرد. EFMEA احتمال موفقیت (برای مثال، کاهش RPN) و احتمال وقوع اثرات ناخواسته (بر مردم، سیستم، محصول، فرآیند یا محیط‌زیست) ناشی از اجرای اقدامات اصلاحی هردو را درنظر می‌گیرد (Bluvband & et-al, 2004: 3451). سپس هریک از درجه‌های شدت، احتمال وقوع و گستره‌ی آلودگی براساس جدول‌های ۲ تا ۴ به‌دست آوردیم. درجه‌ی شدت به‌معنی برآوردی از میزان جدی بودن اثر، احتمال وقوع تواتر زمانی بروز جنبه‌های محیط‌زیستی و پیامدهای ناشی از آن است و گستره‌ی آلودگی به‌منظور محدوده و پخش آلودگی است. نحوه‌ی امتیازدهی به این صورت بود که به هریک از شاخص‌ها با اعدادی بین ۱ تا 5 نمره دادیم؛ به‌طوری که در شدیدترین حالات، امتیاز 5 و در کمترین حالات، امتیاز 1 به پارامتر موردنظر تعلق گرفت. سپس، برای هر ریسک نمره‌ای تعیین کردیم. بنابراین، عدد اولویت ریسک موردنظر از ضرب سه فاکتور شدت، احتمال وقوع و گستره‌ی آلودگی برای تمامی ریسک‌ها محاسبه شد:

گستره‌ی آلودگی × احتمال وقوع × شدت= عدد اولویت ریسک

درادامه، حدود رده را محاسبه کردیم. ابتدا تعداد رده را با فرمول زیر محاسبه کردیم و طول رده را از تفاضل کوچک‌ترین مقدار و بزرگ‌ترین مقدار عدد اولویت ریسک بر تعداد رده‌ها به‌دست آوردیم. سپس، سطح ریسک محیط‌زیستی هریک از فعالیت‌ها را تعیین کردیم. جنبه‌هایی را که عدد اولویت ریسک آن‌ها بالا است به‌عنوان فعالیت‌های بحرانی درنظر گرفتیم که نیازمند اقدامات اصلاحی هستند.

تعداد رده‌ها=۱+۳/۳ Logn

1. Risk Priority Number

$$\text{طول رده} = \frac{\text{کوچک‌ترین RPN} - \text{کوچک‌ترین RPN}}{\text{تعداد رده}}$$

جدول ۲: رتبه‌بندی شدت EFMEA (Danielsson & Gunnarsson, 2001: 53)

شدت	شرح شدت	امتیاز
شدید/فاجعه‌آفرین	بسیار مضر یا مخرب بالقوه/اتلاف یا مصرف بسیار زیاد منابع	۵
جدی	مضر اما مخرب بالقوه نیست/اتلاف یا مصرف زیاد منابع	۴
متوسط	نسبتاً مضر/اتلاف یا مصرف متوسط منابع	۳
خفیف	پتانسیل کم و ضرر دارد/اتلاف یا مصرف کم منابع	۲
ضرر ناچیز	ضرر ناچیز و قابل‌چشم‌پوشی است/اتلاف یا مصرف ناچیز منابع	۱

جدول ۳: رتبه‌بندی احتمال وقوع EFMEA (Ibid)

احتمال وقوع	امتیاز
رخداد بسیار زیاد و حتمی (امکان دارد هر روز اتفاق بیفتد)	۵
رخداد معمول (امکان دارد درطول هفته اتفاق بیفتد)	۴
رخداد متحمل و متوسط (امکان دارد درطول ماه اتفاق بیفتد)	۳
رخداد کم (امکان دارد درطول سال یک بار اتفاق بیفتد)	۲
رخداد غیرممکن و بعید (امکان دارد در هر ۱۰ سال یک بار اتفاق بیفتد)	۱

جدول ۴: رتبه‌بندی گستره‌ی آلودگی EFMEA (Ibid)

گستره‌ی آلودگی	امتیاز
منطقه‌ای	۵
در سطح پروژه	۴
در سطح کارگاه	۳
در سطح واحد	۲
در سطح ایستگاه کاری	۱

۲-۲-۳-تکنیک راهکار توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره‌ی VIKOR

در این تحقیق، پس از شناسایی ریسک‌های محیط‌زیستی به‌منظور رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی‌شده با تکنیک VIKOR[1]، ابتدا با روش انتروپی وزن‌دهی عوامل ریسک سد بالارود را در چهار گام به شرح زیر انجام دادیم. روش انتروپی از روش‌های پرکاربرد تصمیم‌گیری چندشاخصه است که برای محاسبه‌ی وزن معیارها استفاده می‌شود. این روش بیشتر به‌عنوان روش کمکی به‌کار می‌رود (Hosseinzadeh Lotfi & Fallahnejad, 2010: 52). آنتروپی در تئوری اطلاعات، معیاری برای مقدار عدم اطمینان بیان‌شده توسط یک توزیع احتمال گسسته است؛ بنابراین، هرقدر نوسانات در مقادیر شاخصی بیشتر باشد، آن شاخص مهم‌تر خواهد بود و ضریب اهمیت (وزن) بیشتری خواهد گرفت (Shahroodi & et-al, 2013: 198). در این روش، با تشکیل یک ماتریس که سطرهای آن گزینه‌های پژوهش و ستون‌های آن معیارهای پژوهش را تشکیل می‌دهد، وزن معیارها محاسبه می‌شود.

گام ۱: محاسبه‌ی P_{ij} (رابطه‌ی ۱)

$$P_{ji} = \frac{aij}{\sum_{i=1}^{m} aij}$$

گام ۲: محاسبه‌ی مقدار انتروپی E_j (رابطه‌ی ۲)

1.VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje.

$$Ej = -K\sum_{i=1}^{m}[pij \ln pij]; \forall j$$

گام ۳: محاسبه‌ی مقدار عدم اطمینان d (رابطه‌ی ۳)

$$ijd = ۱ - jE; \forall j$$

گام ۴: محاسبه‌ی اوزان W_j (رابطه‌ی ۴)

$$jW = \frac{dj}{\sum_{j=1}^{n} dj}; \forall j$$

باتوجه به مطالعه‌ی روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در پروژه‌های مشابه و با درنظر گرفتن ویژگی‌های سد و محیط‌زیست تحت‌تاثیر آن، روش VIKOR به‌عنوان رویکرد کمی به‌دلیل عواملی چون قابل‌فهم بودن، ارزش دادن به تصمیم‌گیران، اعتبار و انعطاف‌پذیری بیشتر و تلفیق حجم زیادی از شاخص‌ها این توانایی را دارد که یک تصویر کلی را برای یک فعالیت یا مجموعه‌ای از معیارها فراهم کند (پورابراهیم و همکاران، ۱۳۸۸: ۹۱). باتوجه به اینکه روش VIKOR بر انتخاب ازبین یک مجموعه گزینه و رتبه‌بندی آن‌ها و تعیین راه‌حل‌های سازگار یک مسئله با معیارهای چالش‌برانگیز تمرکز دارد که ممکن است به تصمیم‌گیران برای رسیدن به تصمیم نهایی کمک کند و نیز به‌دلیل استفاده از شاخص V و توافق جمعی، از بهینه‌سازی بهتری در تصمیم‌گیری‌ها برخوردار است. این موضوع برتری این روش درمقایسه با سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است (احمدآبادی و قاسمی، ۱۳۹۵: ۱۰۷). بنابراین، از این روش برای اولویت‌بندی و تحلیل ریسک‌های سد استفاده کردیم. روش VIKOR برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره با معیارهای متضاد یا غیرقابل اندازه‌گیری ایجاد شده است. کارایی این روش در مواقعی بیشتر نمود می‌یابد که تصمیم‌گیرنده نمی‌تواند ترجیحات خود را بیان کند. این روش از راه‌حل‌های توافقی برای حل مسائل استفاده می‌کند. راه‌حل توافقی راه‌حل موجهی است که به جواب ایده‌آل نزدیک است و به این دلیل که حداکثر مطلوبیت گروهی و حداقل تأسف فردی را دربر دارد، تصمیم‌گیرندگان آن را می‌پذیرند (Opricovic & Tzeng, 2007: 517). ریسک‌های شناسایی‌شده براساس معیارهای شدت، احتمال وقوع و گستره‌ی آلودگی را با استفاده از روش VIKOR ارزیابی کردیم. به هریک از معیارهای ذکرشده با مقیاس روش EFMEA از ۱ تا ۵ نمره دادیم. به شدیدترین حالات نمره‌ی ۵ و به کمترین حالات نمره‌ی ۱ تعلق گرفت. مراحل روش در یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاره، با n معیار و m گزینه به شرح زیر است (Jahromi & Raei, 2012: 2477):

گام ۱: تشکیل ماتریس تصمیم

گام ۲: تعیین بردار وزن معیارها که به‌کمک روش انتروپی وزن‌ها تعریف می‌شود

$W= [w_1, w_2,\ldots,w_n]$

گام ۳: تعیین نقطه‌ی ایده‌آل مثبت و منفی

$f^+ = \text{Max } f_{ii}$

$f^- = \text{Min } f_{ij}$

گام ۴: محاسبه‌ی مقدار سودمندی و تأسف معیارها برای هر گزینه

$S_i = \sum_{j=1}^{n} W \times \frac{f^* - f_{ij}}{f^* - f^-}$ رابطه ۵

$RiMax = \left[W_j \times \frac{f^* - f_{ij}}{f^* - f^-}\right]$ رابطه ۶

گام ۵: محاسبه‌ی شاخص ویکور برای هر گزینه

$$Q_i = v\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*}\right] + (1-v)\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}\right]$$ رابطه ۷

$S^* = Mins_i \; ; \; S^- = MaxS_i$

$R^* = MinR_i \; ; \; R^- = MaxR_i$

گام ۶: رتبه‌بندی گزینه‌ها.

گزینه‌ها براساس مقادیر S، R و Q در سه گروه از کوچک به بزرگ مرتب می‌شوند. بهترین گزینه آن است که کوچک‌ترین Q را داشته باشد؛ به این شرط که دو شرط زیر برقرار باشد:

شرط ۱: اگر گزینه‌ی A_1 و A_2 درمیان m گزینه رتبه‌ی اول و دوم را داشته باشند، باید رابطه‌ی زیر برقرار باشد.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{m-1}$$ رابطه ۸

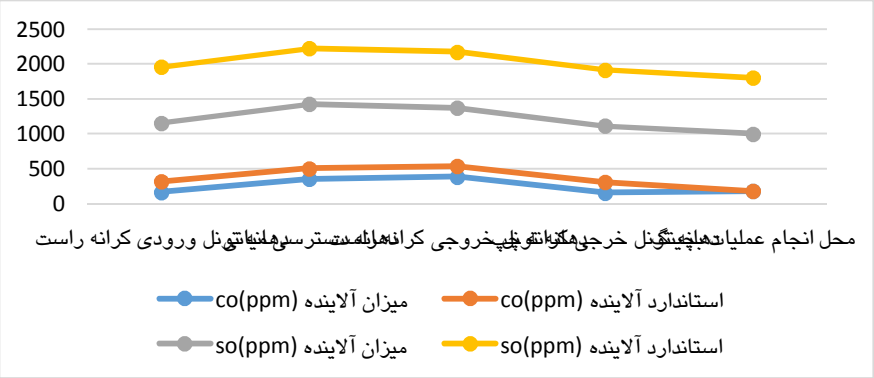
شرط ۲: گزینه‌ی A_1 باید حداقل در یکی از گروه‌های R و S به‌عنوان رتبه‌ی برتر شناخته شود. اگر شرط نخست برقرار نباشد، هردو گزینه بهترین گزینه خواهند بود. اگر شرط دوم برقرار نباشد، گزینه‌ی A_1 و A_2 هردو به‌عنوان گزینه‌ی برتر انتخاب می‌شوند.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- نتایج آزمایشات محیطی

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل کیفیت آب رودخانه‌ی بالارود در ایستگاه منتخب (شکل ۱) نشان داد که درطی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷، با شروع مرحله‌ی ساختمانی مقدار کل املاح محلول (TDS) و هدایت الکتریکی آب روبه‌افزایش بوده است؛ به‌طوری که بالاترین مقدار TDS و EC به‌ترتیب برابر با ۲۰۰۵,۳۳ میلی‌گرم در لیتر و ۱۰۸۳/۴ (us/cm) است. بنابر مقادیر به‌دست‌آمده و طبق استانداردهای سازمان محیط‌زیست و FAO، کیفیت آب در این پارامتر برای آشامیدن و کشاورزی و آبزی‌پروری در وضعیت نامطلوبی قرار دارد. همچنین، با مقایسه‌ی اندازه‌گیری BOD و COD به‌ترتیب با مقادیر ۶ تا ۸ میلی‌گرم در لیتر و ۱۸ تا ۲۸ میلی‌گرم در لیتر و مقایسه‌ی آن‌ها با مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی در رودخانه مشخص شد که بالاتر از حد مجاز هستند.

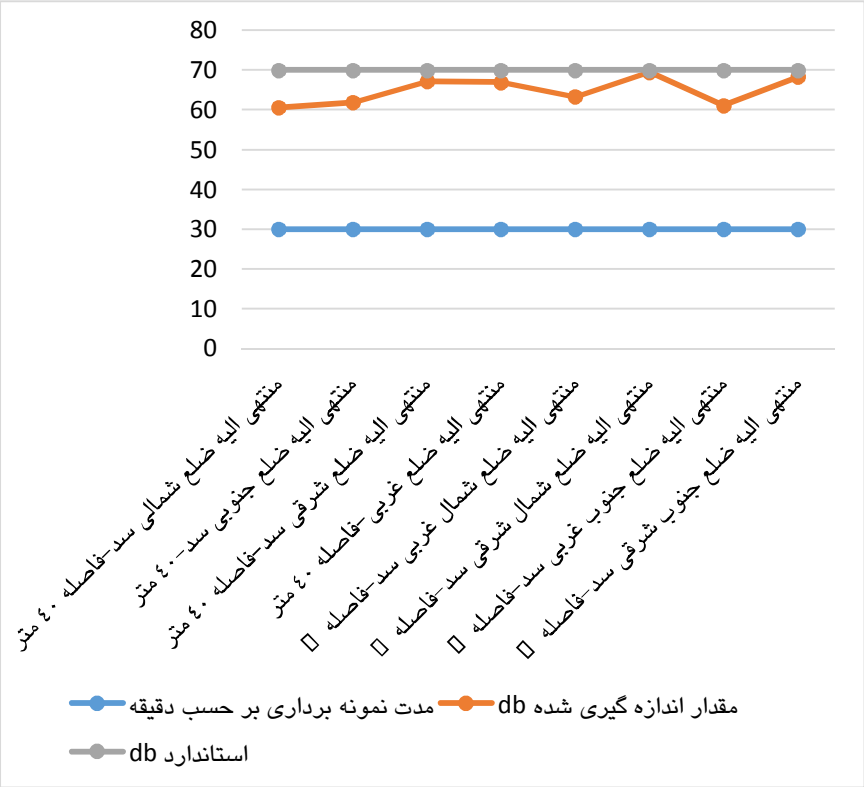
بیشترین و کمترین مقدار پارامتر کلیفرم کل درطی مرحله‌ی ساختمانی در ایستگاه منتخب، به‌ترتیب به تعداد /۱۰۰MPN ۱۰۳۳ml و /۱۰۰MPN ۵۳۴ml نشان داده شد. طبق استاندارد ایران، این مقادیر بالاتر از حد مجاز خواهد بود. با بررسی نتایج آزمایش‌ها در سال ۱۳۸۹ روی برخی از پارامترهای آلاینده‌ی هوا در محل اجرای پروژه و مقایسه آن‌ها با استاندارد سازمان محیط‌زیست، روشن شد که میزان CO و SO_2 در بیشتر ایستگاه‌های اندازه‌گیری‌شده به‌دلیل سوختگیری و حمل‌ونقل ماشین‌آلات سنگین، تهویه‌ی نامناسب در تونل‌ها و ... ، از استاندارد مشخص‌شده بالاتر است (شکل ۱).



شکل ۱: نتایج اندازه‌گیری میزان SO2 و CO ایستگاه‌های منتخب سد

(سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۹: ۳۰۱)

نتایج حاصل از آلودگی صوتی نشان داد که میزان صدا کمتر از حد مجاز محیط‌های مسکونی- صنعتی (dB ٧٠) در همه‌ی ایستگاه‌ها است (شکل ٢).



شکل ٢: نتایج ارزیابی صدا در محل احداث سد بالارود

(سازمان آب و برق خوزستان، ١٣٨٩: ٣٢٠)

٢-٤- اولویت‌بندی ارزیابی ریسک به روش EFMEA

براساس معیارهای تعیین ریسک، جدول‌های نمره‌دهی را مطابق با الگو روش به‌صورت جداگانه تهیه کردیم. نمره‌دهی پارامترهای روش را باتوجه به مشاهدات میدانی و مصاحبه با کارشناسان HSE انجام دادیم. پس از شناسایی ریسک‌های محیط‌زیستی تجهیزات و تقسیم‌بندی ریسک‌های ایجادشده، ستون‌های شدت، احتمال وقوع و گستره‌ی آلودگی را طبق جدول‌های تعیین‌سطح EFMEA تکمیل و RPN آن‌ها را محاسبه کردیم.

جدول ۵: نتایج ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی فاز ساختمانی به‌روش EFMEA

فعالیت	حالات خرابی بالقوه (جنبه‌های محیط‌زیستی)	اثر خرابی بالقوه (شرح پیامد محیط‌زیستی)	ارزیابی جنبه‌های محیط‌زیستی				
			شدت	احتمال وقوع	گستره‌ی آلودگی	RPN	سطح ریسک
-اسکان پرسنل و تجهیزات بهره‌برداری از مخازن سوخت حمل‌ونقل ماشین‌آلات سنگین -فعالیت واحدهای صنعتی محل‌های دفن زباله و مواد زاید جامد و دپوی مصالح	- دفن غیربهداشتی زباله و مواد زاید جامد - تخلیه‌ی روغن ماشین‌آلات در مسیر جاده‌ها و یا سایر مکان‌های انجام عملیات و به‌طور کلی در طبیعت - آلوده شدن خاک اراضی به زایداتی مانند روغن موتور و گازوییل - دفع غیراصولی ضایعات صنعتی و بهداشتی پروژه	افت کیفیت زیستگاه خاکی	۴	۴	۴	۶۴	M
-خاک‌برداری و خاک‌ریزی فعالیت تعمیرگاه، محل نگهداری سوخت عملیات برداشت مصالح از منابع قرضه - پاک‌تراشی، تخریب پوشش گیاهی -احداث جاده‌های دسترسی	- ایجاد جابه‌جایی و تغییرات در افق‌های تشکیل‌دهنده‌ی خاک که آن را دربرابر عوامل فرساینده‌ای چون بارندگی، حذف پوشش گیاهی، نشت سوخت و روغن‌ها، انباشت نخاله‌ها و بتون‌ریزی در فصل بارندگی و پخش دوغاب سیمان آسیب‌پذیر می‌کند.	تشدید فرسایش و تغییر ژئومورفولوژی منطقه	۴	۴	۴	۶۴	M
-احداث تونل و احداث بند انحرافی - عملیات برداشت مصالح از منابع قرضه	به‌منظور انحراف آب و ساخت سرریز (نگهداری حجمی از آب)	تغییر رژیم طبیعی رودخانه و کاهش دبی طبیعی رودخانه در فصول بدون بارندگی	۴	۵	۵	۱۰۰	M
- خاک‌برداری و خاک‌ریزی فعالیت تعمیرگاه، محل نگهداری سوخت - عملیات برداشت مصالح از منابع قرضه و تهیه‌ی مصالح و اجرای هسته‌ی رسی -احداث جاده‌های دسترسی تجهیز کمپ‌ها و اسکان پرسنل احداث تونل و بدنه‌ی سد	- ورود رسوبات به منابع آب و افزایش **بار** مواد معلق و محلول توسط جریان آب سطحی - تخلیه‌ی مستقیم فاضلاب کمپ‌ها و مکان‌های اداری به منابع پذیرنده و افزایش میزان BOD و COD و کلیفرم مدفوعی رودخانه - کاهش اکسیژن محلول آب رودخانه	آلودگی آب رودخانه‌ی بالارود	۵	۵	۵	۱۲۵	H_2
-اسکان پرسنل و تجهیزات خاکبرداری و خاک‌ریزی عملیات حفاری، بتون‌ریزی حمل‌ونقل ماشین‌آلات سنگین -فعالیت واحدهای صنعتی محل‌های دفن زباله و مواد زاید جامد و دپوی مصالح	- تخلیه‌ی مستقیم فاضلاب کمپ‌ها و مکان‌های اداری به منابع پذیرنده - تخلیه‌ی مصالح ساختمانی و نخاله‌ها در رودخانه‌ها - تخلیه‌ی پساب تونل و سنگ شکن (پساب صنعتی) - برداشت منابع قرضه از حاشیه‌ی رودخانه - دپوی سنگ و خاک عملیات خاکی در شیب‌های مشرف به رودخانه	افت کیفیت زیستگاه آبی	۴	۴	۵	۸۰	H_1
- فعالیت پرسنل و کارکنان در منطقه - فعالیت حفاری و آتشباری	- ایجاد ترس و تغییر رفتار طبیعی در پرندگان	ازبین رفتن زیستگاه پرندگان شکاری چون غاز پیشانی‌سفید کوچک و عقاب تالابی	۳	۵	۴	۶۰	M
- حذف پوشش گیاهی - فعالیت حفاری و آتشباری - ساخت سد و احداث بناهای وابسته و جاده‌های دسترسی، حمل‌ونقل ماشین‌آلات سنگین	- ازبین رفتن زیستگاه اصلی گونه‌ها، به‌ویژه گونه‌هایی که در محدوده‌ی بلافصل طرح قرار دارند - ایجاد ترس و تغییر رفتار طبیعی در جانوران	کاهش امنیت زیستگاه پستاندارانی چون قوچ و میش، خرس، پلنگ، گرگ، شغال و روباه	۳	۳	۴	۳۶	L

ادامه‌ی جدول ۵: نتایج ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی فاز ساختمانی به‌روش EFMEA

فعالیت	حالات خرابی بالقوه (جنبه‌های محیط‌زیستی)	اثر خرابی بالقوه (شرح پیامد محیط‌زیستی)	ارزیابی جنبه‌های محیط‌زیستی				
			شدت	احتمال وقوع	گستره‌ی آلودگی	RPN	سطح ریسک
- عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی حفاری و انفجار - پاک‌تراشی گونه‌های گیاهی منطقه	- حذف پوشش گیاهی، به‌ویژه گونه‌های بومی - دفع و دپوی غیراصولی ضایعات پروژه، به‌ویژه پسماندهای جامد در محل‌های نامناسب	تخریب سیمای طبیعی	۴	۴	۴	۶۴	M
- خاک‌برداری و خاک‌ریزی فعالیت تعمیرگاه، محل نگهداری سوخت - عملیات برداشت مصالح از منابع قرضه و تهیه‌ی مصالح و اجرای هسته‌ی رسی - احداث جاده‌های دسترسی تجهیز کمپ‌ها و اسکان پرسنل و ایجاد بناهای موقتی	-پاک‌تراشی در سطح پوشش گیاهی طبیعی منطقه - نبودن خاک مناسب و دارای عمق کافی به‌علت خاک‌برداری از زمین‌های اطراف - آلودگی زیستگاه خاکی منطقه دراثر فعالیت‌های پروژه	کاهش تراکم و حذف گونه‌های گیاهی چون بلوط و گون	۳	۴	۴	۴۸	L
- اسکان پرسنل و تجهیزات عملیات حفاری، خاک‌برداری و خاک‌ریزی، بتون‌ریزی سیستم انحراف آب - فعالیت واحدهای صنعتی	- تغییر آب‌دهی رودخانه - ورود ناگهانی حجم قابل‌توجه فاضلاب به رودخانه و برهم خوردن تعادل اکولوژیک به‌علت ورود رسوبات به داخل رودخانه - تجمع مقادیر زیادی مواد پوسیده و لجن - ایجاد گونه‌های مهاجم	- کاهش جمعیت و زیستگاه ماهیان (خانواده‌ی کپور ماهیان) موجود در رودخانه‌ی بالارود - خفگی نوزادان ماهی‌ها و مدفون شدن تخم آن‌ها در زیر گل‌ولای و افزایش مرگ‌ومیر آبزیان	۳	۴	۵	۶۰	M
- فعالیت پرسنل و تجهیزات - عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی، بتن‌ریزی و حمل‌ونقل ماشین‌آلات سنگین - فعالیت واحدهای صنعتی - محل‌های دفن زباله و مواد زائد جامد و دپوی مصالح	- دفع غیراصولی ضایعات صنعتی و بهداشتی - ایجاد تغییرات دراثر عوامل فرساینده‌ای چون بتن‌ریزی در فصل بارندگی، پخش دوغاب سیمان، تخلیه‌ی پساب صنعتی واحد بچینگ، ماسه‌شویی و ... - انجام عملیات خاکی در مجاورت تپه	فرونشست تپه‌ی باستانی برد پنیر	۴	۴	۴	۶۴	M

درنتیجه‌ی محاسبه‌ی عدد اولویت ریسک، بالاترین عدد اولویت با ۱۲۵ و پایین‌ترین آن برابر ۳۶ مشخص شد. سپس، محاسبات آماری را طبق فرمول‌های ارائه‌شده در مواد و روش‌ها انجام دادیم. پس از تعیین حدود رده، فراوانی هریک از رده‌ها را به‌دست آوردیم؛ به این صورت که تعداد ریسک‌ها در هریک از محدوده‌ها را مشخص کردیم.

جدول ۶: آمار به‌دست‌آمده از محاسبه‌ی عدد اولویت ریسک RPN

تعداد داده	۱۰
تعداد رده	۴
کوچک‌ترین عدد اولویت ریسک	۳۶
بزرگ‌ترین عدد اولویت ریسک	۱۲۵
طول رده	۲۲,۲۵

طبق این طبقه‌بندی، ریسک‌های بالاتر و مساوی ۱۰۴,۷۵ به‌عنوان سطح ریسک خیلی بالا (با حرف H_1 مشخص شده‌اند) و ریسک‌های بین ۸۲,۵ تا ۱۰۳,۷۵ به‌عنوان سطح ریسک بالا (با حرف H_2 مشخص شده‌اند) درنظر گرفته شدند. ریسک‌های بین ۵۹,۲۵ تا ۸۱,۵ به‌عنوان سطح ریسک متوسط و قابل‌پذیرش (با حرف M مشخص شده‌اند) و ریسک‌های کمتر یا مساوی ۵۸,۲۵ به‌عنوان سطح ریسک پایین (با حرف L مشخص شده‌اند) د نظر گرفته شدند. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، در ارزیابی ریسک محیط‌زیستی، ۲۰٪ ریسک‌ها در سطح پایین، ۶۰٪ ریسک‌ها در سطح متوسط ، ۱۰٪ ریسک‌ها در سطح بالا و ۱۰٪ در سطح خیلی بالا قرار گرفته‌اند.

۳-۴- تحلیل و اولویت‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی به‌روش VIKOR

ریسک‌های محیط‌زیستی سد مخزنی بالارود را در مرحله‌ی ساختمانی براساس عوامل شناسایی‌شده مشخص کردیم. سپس، آن‌ها را براساس سه معیار (شدت، احتمال وقوع و گستره‌ی آلودگی) با استفاده از روش VIKOR ارزیابی و اولویت‌بندی نمودیم. همان‌طور که در شکل ۳ می‌بینیم، آلودگی آب رودخانه (A_1) با شاخص ۰/۲، ۰/۵، Qv:۰/۸ به‌ترتیب با وزن‌های ۰/۷۰۰، ۱/۰۰۰ و ۱/۳۰۰ بیشترین ریسک بوده است. همچنین، کمترین ریسک، کاهش امنیت زیستگاه پستانداران بوده است. به‌دلیل طولانی بودن عملیات ساختمانی و تغییر مسیر جریان رودخانه و ازبین رفتن پوشش طبیعی، غلظت املاح موجود در آب رودخانه افزایش یافته است و به کاهش کیفیت آب برای مصارف آبیاری منجر شده است. با بررسی آزمایش‌های انجام‌شده درطی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۸۹ درمی‌یابیم که با شروع مرحله‌ی ساختمانی، برخی از پارامترها، ازجمله کل املاح محلول (TDS) و مقدار هدایت الکتریکی (EC) روند افزایشی داشته‌اند. ازجمله فعالیت‌های ساختمانی که موجب افزایش کدورت آب رودخانه می‌شود، فعالیت‌های مربوط به سنگ‌شکن‌ها و ماسه‌شوی‌ها و واحد بچینگ است. به‌دلیل کارایی ضعیف حوضچه‌های تبخیری، آلودگی آب رودخانه افزایش یافته و به نابودی آبزیان منجر شده است. همچنین،

افزایش آلودگی آب به مواد سمی به‌دلیل فعالیت‌هایی چون سوختگیری ماشین‌آلات و ریخته شدن مواد نفتی از محل سوختگیری و یا از زیر ماشین‌آلات به رودخانه و نیز شست‌وشوی ماشین‌آلات و وسایل در مسیر آن است. فعالیت‌های ساخت‌وساز باعث بالا رفتن میزان ذرات معلق آب، رسوب و نیز نابودی جانوران کف‌زی شده است. این حالت به برهم خوردن تعادل سیستم اکولوژیک محیط آبی و کاهش کیفیت زیستگاه آبی باعث شده است.

	A۱۱	A۱۰	A۹	A۸	A۷	A۶	A۵	A۴	A۳	A۲	A۱
QV(۰.۸)	۰.۵۷۷	۰.۵۷۷	۰.۴۳۴	۰	۰.۲۹۵	۰.۲۵۷	۰.۷۲۳	۰.۵۷۷	۰.۵۷۷	۰.۹۴	۱.۳
QV(۰.۵)	۰.۴۵۴	۰.۴۵۴	۰.۳۰۱	۰	۰.۱۸۵	۰.۱۹	۰.۵۴۶	۰.۴۵۴	۰.۴۵۴	۰.۶۹۶	۱
QV(۰.۲)	۰.۳۳۲	۰.۳۳۲	۰.۱۶۸	۰	۰.۰۷۴	۰.۱۲۳	۰.۳۶۸	۰.۳۳۲	۰.۳۳۲	۰.۴۵۴	۰.۷

شکل ۳: نتایج ارزیابی ریسک سد مخرنی بالارود در فاز ساختمانی مطالعات پساارزیابی

اقدامات اصلاحی

پس از شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی در مرحله‌ی پیگیری از مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی (شکل ۳)، لازم است که استراتژی‌های مناسب برای کاهش و کنترل آن‌ها ایجاد شود. عمده‌ترین راهکارهای کنترلی و کاهشی با ریسک‌های سد بالارود باتوجه به نتایج ارزیابی ریسک در مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی را در جدول ۷ پیشنهاد داده‌ایم.

جدول ۷: اقدامات کنترلی برای کاهش مهم‌ترین ریسک‌های سد بالارود ایران در مرحله‌ی ساختمانی مطالعات پسارزیابی

۱۰	اقدامات کاهشی و کنترلی
افت کیفیت زیستگاه خاکی	- به‌کارگیری سیستم جمع‌آوری روغن‌های سوخته در تعمیرگاه و ماشین‌آلات سنگین به‌کاررفته در طرح - مجهز کردن مخازن سوخت به سیستم زهکش - ایجاد روش مناسب و عملی جمع‌آوری و دفع صحیح پساب و فاضلاب - جمع‌آوری و دفع بهداشتی مواد زاید و پسماندها با استفاده از روش‌های اجرایی و امکانات موردنیاز
تشدید فرسایش و تغییر ژئومورفولوژی منطقه	- احیای پوشش گیاهی متناسب با تکیه بر گونه‌های بومی منطقه - به حداقل رساندن پاک‌تراشی گونه‌های گیاهی - کنترل فرسایش
تغییر رژیم طبیعی رودخانه و کاهش دبی طبیعی رودخانه در فصول بدون بارندگی	- جلوگیری از مصرف بی‌رویه‌ی آب
آلودگی آب رودخانه‌ی **بالارود**	-انتخاب فصول دارای حداقل بارندگی برای انجام فعالیت‌های ساختمانی سد بالارود -ایجاد حوضچه‌ی رسوب‌گیر برای جمع‌آوری پساب ناشی از فعالیت‌های کارگاه واحد سنگ‌شکن و بچینگ -ایجاد سیستم تصفیه‌ی صنعتی فاضلاب‌ها -قرارگیری واحد سنگ‌شکن و بچینگ در خط‌القعر رودخانه‌ی بالارود واقع در فاصله‌ی فرازبند و نشیب‌بند -جمع‌آوری و دفع بهداشتی مواد زاید و پسماندها با استفاده از روش‌های اجرایی و امکانات موردنیاز
کاهش کیفیت زیستگاه آبی	- ممانعت از ورود فاضلاب بهداشتی و صنعتی - انتخاب فصول دارای حداقل بارندگی برای انجام فعالیت صنعتی - رعایت حداقل فاصله‌ی ۱۵۰ متر محل دفن از منابع آب سطحی - جلوگیری از تخلیه‌ی فاضلاب‌های خام انسانی به آب‌های سطحی و زیرزمینی - احداث و تکمیل تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب برای واحدهای صنعتی
نابود شدن زیستگاه پرندگان شکاری (غاز پیشانی‌سفید کوچک و عقاب تالابی)	- احیا و بازسازی جنگل‌های تخریب‌شده - ایجاد زیستگاه‌های حفاظتی برای پرندگان
کاهش امنیت زیستگاه پستانداران (قوچ و میش، خرس، پلنگ، گرگ، شغال و روباه)	- احیای پوشش گیاهی تخریب‌شده - ایجاد پارک‌ها و مناطق حفاظت‌شده برای انتقال جانوران
تخریب سیمای طبیعی	- جلوگیری از تخریب زیستگاه‌های طبیعی - احیای پوشش گیاهی منطقه
کاهش تراکم و حذف گونه‌های گیاهی (بلوط و گون)	- به حداقل رساندن برداشت مصالح و قرضه - احیای پوشش گیاهی متناسب
- کاهش جمعیت و زیستگاه ماهیان (خانواده‌ی کپورماهیان) موجود در رودخانه‌ی بالارود - خفگی نوزادان ماهی‌ها و مدفون شدن تخم آن‌ها در زیر گل‌ولای و افزایش مرگ‌ومیر آبزیان	- پیشگیری از تخلیه‌ی مستقیم فاضلاب‌های انسانی - پیشگیری از نشت و ریزش مواد روغنی و سوختی دستگاه‌ها به منابع آب زیرزمینی - نصب سیستم‌های تصفیه‌ی فاضلاب - پایش دوره‌ای گونه‌های ماهیان ثروزانه برای تعیین میزان تراکم گونه

باتوجه به اینکه ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد درطی مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی (Post-EIA) سدها در دنیا موضوع نسبتاً جدیدی است و تاکنون مطالعاتی در این زمینه انجام نشده است، این تحقیق با چند نمونه از مطالعاتی مقایسه می‌شود که ازنظر موضوع شباهت بیشتری با این پروژه دارند (در قسمت مقدمه‌ی مقاله، آن‌ها را نام بردیم). در تحقیق حاضر، ریسک‌های محیط‌زیستی ناشی از اثرات محیط‌زیستی واقعی شناسایی‌شده بر پارامترهای محیطی (فیزیکی و شیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی) را بررسی کردیم. نتایج ما با یافته‌های وانگ و همکارانش (۲۰۱۲) همسو است. آن‌ها نشان دادند که ساخت‌وساز سد اثرات محیط‌زیستی واقعی بر پارامترهای محیط‌زیستی (آب، گونه‌های جانوری آبزی و خشکزی، میراث فرهنگی و ...) دارد که ازطریق مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی شناسایی شدند. شفیعی حق‌شناس و همکاران (۲۰۱۶) ریسک محیط‌زیستی سد علویان را به‌روش رتبه‌بندی تصمیم‌گیری چندگانه‌ی فازی ارزیابی کردند. طبق نتایج آنان، ریسک «اشتباه طراحی» بالاترین سطح ریسک و ریسک «زلزله» پایین‌ترین سطح ریسک را داشت. ازنظر رتبه‌بندی ارزیابی ریسک، نتایج این تحقیق نیز با پژوهش شفیعی حق‌شناس و همکاران هم‌راستا بود؛ به‌طوری که «آلودگی رودخانه‌ی بالارود» بالاترین سطح ریسک و «کاهش امنیت زیستگاه پستانداران منطقه» کمترین سطح ریسک را داشت. در این تحقیق، ازمیان ریسک‌های محیط‌زیستی سد بالارود، ریسک آلودگی آب رودخانه به‌عنوان مهم‌ترین ریسک شناسایی شد. این نتیجه با یافته‌های تحقیقات ساماراس و همکاران (۲۰۱۴) همسو بود. آن‌ها ریسک‌های سه سد در یونان را در مرحله‌ی بهره‌برداری با استفاده از روش‌های AHP و ELECTRE بررسی و ریسک فرسایش درونی را در دو سد به‌عنوان مهم‌ترین خطر شناسایی کردند. رضایان و همکاران (۲۰۱۶) خطرات احتمالی ناشی از احداث سد گاوی در استان ایلام را با استفاده از مدل MIKE-۱۱ ناحیه‌ی سیلابی شبیه‌سازی کردند و نتیجه گرفتند که در حوزه‌ی آبخیز موردمطالعه، «تجزیه‌ی زیستگاه»، «آلودگی آب» و «تأثیرات بر آبزیان» در بالاترین سطح ریسک قرار می‌گیرند. نتایج این تحقیق با تحقیق نگارندگان هم‌راستا است؛ به‌طوری که ریسک «آلودگی آب رودخانه‌ی بالارود»، «تغییر رژیم طبیعی رودخانه و کاهش دبی طبیعی رودخانه در فصول بدون بارندگی» و «افت کیفیت زیستگاه آبی»، به‌ترتیب اولویت اول تا سوم را به خود اختصاص دادند. جوزی و همکاران (۲۰۱۱) ریسک محیط‌زیستی نیروگاه گاز در جنوب ایران را ارزیابی کردند. آن‌ها عوامل ریسک را شناسایی کردند و با ارزیابی ریسک‌ها با تلفیق تکنیک‌های TOPSIS و EFMEA، «انفجار» و «نشت گاز» را به‌عنوان مهم‌ترین ریسک‌ها معرفی نمودند. در

تحقیق حاضر نیز با تلفیق روش EFMEA و VIKOR ریسک محیط‌زیستی سد را ارزیابی کردیم.

۵- نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف ارائه‌ی مدل نوین ارزیابی ریسک محیط‌زیستی سد بالارود خوزستان در مرحله‌ی ساختمانی از مطالعات پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی انجام شده است. باتوجه به نتایج و روش‌های به‌کاررفته در این تحقیق، نتیجه می‌گیریم که عمده‌ترین ریسک‌ها در محیط فیزیکی و شیمیایی رخ می‌دهد. همچنین، نتایج شناسایی ریسک‌های محیط‌زیستی در مرحله‌ی پیگیری نشان می‌دهد که اثرات پیش‌بینی‌شده در گزارش EIA سد مخزنی بالارود به‌صورت دقیق و جامع بررسی نشده است. براساس نتایج روش EFMEA، «آلودگی آب رودخانه» با عدد اولویت ریسک ۱۲۵، رتبه‌ی اول را به خود اختصاص داده است. همچنین، این روش نشان می‌دهد که ۲۰ درصد از جنبه‌ها در سطح ریسک پایین، ۶۰ درصد در سطح ریسک متوسط، ۱۰ درصد در سطح ریسک بالا و ۱۰ درصد از آن‌ها در سطح ریسک خیلی بالا قرار گرفتند. براساس رتبه‌بندی انجام‌شده، ریسک «آلودگی آب رودخانه» در شرایط توافق بالا، متوسط و پایین (۰/۲، ۰/۵، ۰/۸ :Qv) اولویت اول را به خود اختصاص داده است. پس از شناسایی، کمی‌سازی و اولویت‌بندی ریسک‌های موجود در منطقه، به برنامه‌ی پاسخ به ریسک نیاز است که راهکارهای مقابله با ریسک‌ها و فرصت‌های مناسب را قبل از به‌وقوع پیوستن بیان کند. شدت ریسک‌های شناسایی‌شده با اولویت بالا ازطریق اجرای برنامه‌های مدیریت ریسک محیط‌زیستی بسیار کاهش می‌یابند. شناسایی، کمی‌سازی و اولویت‌بندی ریسک‌ها باید با پاسخ به برنامه‌های مدیریت ریسکی پیگیری شود که روش‌های مقابله با ریسک‌ها را قبل از وقوع آن‌ها بیان کند. روش‌های مختلفی برای این پاسخ وجود دارد؛ ازجمله حذف ریسک، کاهش ریسک، تبدیل ریسک و پذیرش ریسک (Azadeh & Mohammad Fam, 2009: 238). فعالیت‌های مدیریتی مانند ارزیابی ریسک‌های ایمنی، بهداشت و محیط‌زیستی ریسک‌ها می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای دستیابی به اهداف توسعه‌ی پایدار اجرا شود. موفق نشدن در پروژه‌های مهندسی و ساخت‌وساز بزرگ اهمیت مدیریت ریسک را نشان داده است (Harrald & et-al, 2006: 23). بنابراین، باتوجه به ریسک‌های شناسایی‌شده، اجتناب و کنترل آلودگی محیط فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی در ناحیه‌ی تحت‌تأثیر و درطول فاز ساختمانی در مرحله‌ی پساارزیابی اثرات محیط‌زیستی از مهم‌ترین اهداف مدیریت محیط‌زیست است.

۶- منابع

- ابراهیم‌پور ازبری، مصطفی؛ اکبری، محسن؛ عبداللهی، عاطفه و ویدا موحدمنش. (۱۳۹۶). «ارائه‌ی چارچوبی برای ارزیابی عملکرد مدیران با استفاده از تاپسیس فازی و تحلیل پوششی داده‌های فازی». ***تحقیق در عملیات در کاربردهای آن***. س ۱۴. ش ۴. صص ۸۶-۱۰۷.

- احمدآبادی، علی و کیمیا قاسمی. (۱۳۹۵). «کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی آسیب‌پذیری مساکن شهری دربرابر زلزله با تأکید بر روش VIKOR». ***مدیریت بحران***. ش ۹. صص ۱۱۱-۱۰۳.

- امین‌زاده گوهرریزی، بهرام؛ امین‌زاده گوهرریزی، بابک و سعید رستگار. (۱۳۹۳). «ارائه‌ی الگوریتم تلفیقی برای حل مسائل تحلیل تناسب کاربری اراضی با رویکرد تصمیم‌گیری چندهدفه». ***برنامه‌ریزی و آمایش فضا***. د ۱۸. ش ۱. صص ۱-۲۴.

- سازمان آب و برق خوزستان. (۱۳۸۹). ***گزارش ارزیابی تفصیلی محیط‌زیستی سد مخزنی بالارود***. صص ۲۹۳-۱.

- فرج‌زاده اصل، منوچهر و هاشم رستم‌زاده. (۱۳۸۶). «ارزیابی اثر سدهای بزرگ در تغییر کاربری اراضی با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS (مطالعه‌ی موردی: سد ستارخان اهر)». ***برنامه‌ریزی و آمایش فضا***. د ۱۱. ش ۱. صص ۴۷-۶۶.

- Ang C, Xin S, Dongsheng W, Wengen L, and Jie T.۲۰۱۴.A Brief Review on Post-project Environmental Appraisals of Dam
- Projects and Recommendations for China. Advanced Materials Research.Vols ۹۵۹-۹۵۵,pp .۳۴۵۶-۳۴۵۱
- Azadeh A and Mohammad Fam I. 2009. "Integrated M HSEE Management Systems For Industry: A Case Study In Gas Refinary". *Journal of the Chinese Institute of Engineers*. J. Chin. Inst. Chem. Eng. 32: 235-241. (doi.org/10.1080/02533839.2009.9671500).
- Bai J, Cui B, Xu X, Gao H and Ding Q. 2009. "Heavy metal contamination in riverine soilsupstream and downstream of a hydroelectric dam on the Lancang River", *China. Environmental Engineering Science*. 26: 941-6.(doi.org/10.1089/ees.2008.0136).
- Bluvband Z, Ltd A, and Dagan B. ۲۰۰۴. Expanded FMEA (EFMEA). Oren Nakar, MOTOROLA

- Israel Ltd., Tel-Aviv. ۰۴/۳-۸۲۱۵-۷۸۰۳-۰/.۱۷,۰۰$
- Danielsson M and Gunnarsson S A. 2001. *Guideline for Implementation of Environment Failure Mode and Effect Analysis Method*, Marmait Publish. Sofia, Bulgaria. 127PP.
- Dipper B. 2010. "Monitoring and Post-auditing in Environmental Impact Assessment: A Review"*.Jornal Environmental Planning and management*. 41: 731-747. (doi.org/10.1080/09640569811399).
- Harrald JR, Renda-Tanali I, Shaw G. L, Rubin CB and Yeletaysi S. 2006. *Review of risk*
- *based prioritization/decision making. Methodologies for dams.* The Georg Washington University Institute for Crisis Disaster and Risk Management, 1776GS4 NW suite110, Washington DC.
- Heller, S., 2006. Managing industrial risk-having a tasted and proven system to prevent and assess risk. J. Hazard Mater., 130(1-2):58-63.(DOI: 10.22034/GJESM.2016.02.04.004).
- Hosseinzadeh Lotfi F and Fallahnejad R.2010. "Imprecise Shannon's Entropy and Multi Attribute Decision Making". *Entropy*. 12: 53-62. (https://doi.org/10.3390/e12010053).
- Hui (2000), "Environmental monitoring and audit: past, present, future", paper presented at IAIA '00 Back to the Future conference, EIA Follow-up Stream, Hong Kong Convention and Exhibition Centre, 19–23 June, Hong Kong.
- Jahromi B and Raei M R.2012. "Portfolio optimization using a hybrid of fuzzy ANP, VIKOR and TOPSIS." *Management Science LetterslanoisseforP anruoJsl dna cifitneicS*. 2:2473–2484. (DOI: 10.5267/j.msl.2012.07.019).
- Jozi, S.A.; Saffarian, Sh.; Shafiee, M.; Moradi Majd, N., (2014). Safety, health, and environmental risk assessment of a gas power plant: A case study from southern Iran. *Hum. Ecol. Risk Assesstnem.*, 21(6):1479-1495.
- Khuzestan Water and Power Organization. 1389. Environmental Impact Assessment Report of the Balarood Reservoir Dam. pp:293-1. (Persian)

- Morales-Torres, A.; Serrano-Lombillo, A.; Escuder-Bueno, I.; Altarejos-García, L., 2016. "The suitability of risk reduction indicators to inform dam safety management". *Structure and infrastructure engineering: Maintenance management, life cycle design and performance,* 1465-1476 (DOI: 10.1080/15732479.2015.1136830.)
- Olsen S.I.2001."Life cycle impact assessment and risk assessment of chemical-A Methodological Impact Assessment". *Environmental Impact Assessment Review*, 21 (4): 385–404.
- Opricovic S and Tzeng G.H. 2007. "Extended VIKOR method in comparison with outranking methods". *European Journal of Operational Research*.178: 514-529. (DOI:10.1016/j.ejor.2006.01.020)
- Rezaian S, Jozi SA, and Zaredar N. ٢٠١٦. Environmental risk assessment of a dam during con-
- struction phase. Global J Environ Sci Manage ٢:٣٤٥–٥٦. ١٠,٢٢٠٣٤/GJESM.٢٠١٦,٠٢,٠٤,٠٠٤
- Samaras, G.D.; Gkanas, N.I.; Vitsa, K.C., (2014). "Assessing risk in dam projects using AHP and ELECTRE I". *Int. J. Constr. Manage*. 14(4), 255-266. (DOI: 10.1080/15623599.2014.971942).
- Shaffiee Haghshenas S, Lashteh Neshaei M.A, Pourkazem p, Shaffiee Haghshenas S.٢٠١٦. Civil Engineering Journal. Vol ٢, No .٤
- Sharifikia M., Shayan S., Eftekhari S M., Karam A. 1396. "River morphological changes analysis caused by Taleqan Dam counteraction –based on remote sensing time deferential data". *The Journal of Spatial Planning*.21 (2). 243-263. (Persian)
- Shahroodi K, Alipour H and Faramarzi L. 2013. "Providing a Mathematical Decision Making Model (Based on MCDM1) for Selecting Stocks (A Case Study: Saderat, Tejarat, and Mellat Banks in Rasht, Iran)"; *Anthesis Journal of Applied and Basic Sciences*. 1: 196-204

- Wang Q.G, Du Y.H and Su K.Q. 2012. Chen. Environmental Impact Post-Assessment of Dam and Reservoir Projects: *A Review. Procedia Environmental Sciences*. 13:1439-1443. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.135
- Zhang H, Chen G and Luo Y.2010. Basin hydropower development environmental impact poste- assement theory frame and considerations. *Environmental science and management*. 35:176-8.