مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

تجزیه و تحلیل اثرات محیط‌زیستی یک نیروگاه سیکل ترکیبی در جنوب ایران با استفاده از روش RIAM و COCOSO

آرش شیرزادی[۱]، سحر رضایان[۲*]، محسن دهقانی قناتغستانی[۳]، سید علی جوزی[۴]، صابر قاسمی[۵]

۱- گروه محیط زیست، واحد بندر عباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندر عباس، ایران

۲- گروه محیط زیست، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران*

۳- گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد بندرعباس ، دانشگاه آزاد اسلامی، بندر عباس، ایران

۴- گروه محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۵- مرکز تحقیقات محیط زیست دریایی، گروه محیط زیست، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۹

کلمات کلیدی:
ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، ریام، تکنیک کوکوسو، نیروگاه سیکل ترکیبی

چکیده

مقدمه: نیاز روزافزون به انرژی موجب گسترش صنایع عظیم مرتبط با انرژی همچون صنایع نفت و گاز و نیروگاهی شده است. از پروژه های صنعتی کارآمد، انعطاف پذیر و مقرون به صرفه برای تولید برق که امروزه در بسیاری از نقاط دنیا و همچنین ایران در حال ساخت و بهره برداری است، نیروگاه سیکل ترکیبی می باشد. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با وجود بازده انرژی بالا با راندمان بالا، به دلیل تولید انواع پسماند، آلودگی هوا و آب، یکی از تأسیسات تأثیرگذار بر محیط‌زیست تلقی می‌شود. این امر باعث شده تا مدیریت جامع توسعه پایدار محیط زیست بیش از هر زمان دیگر مورد توجه قرار بگیرد. یکی از مهمترین ملاحظات برای دستیابی به توسعه پایدار کاهش اثرات نامطلوب زیست محیطی ناشی از تولید برق است. در واقع ارزیابی اثرات محیط زیست، فرایندی است که اثرات فعالیت‌های انسان بر محیط زیست را ارزیابی می‌کند و هدف آن حفظ توسعه پایدار در راستای تضمین حفاظت از اکوسیستم و رفاه انسان است. در سال‌های اخیر در زمینه ارزیابی اثرات محیط زیستی نیروگاه‌ها از جمله نیروگاه‌های سیکل ترکیبی انجام شده است. هدف این مطالعه ارزیابی اثرات محیط‌زیستی واقعی ناشی از فعالیت نیروگاه سیکل ترکیبی انرژی گستر غدیر قشم با استفاده از روش RIAM و رتبه بندی آن ها با تکنیک های آنتروپی شانون و CoCoSo می‌باشد. همچنین سعی شده است که با مقایسه نتایج ارزیابی اثرات نیروگاه که در حال بهره برداری است با نتایج گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی که در سال ۱۳۹۵ صورت گرفته، صحت اثرات پیش‌بینی شده راستی آزمایی شود.

مواد و روش‌ها: اثرات محیط زیستی ناشی از فعالیت‌های نیروگاه براساس شرایط حال حاضر محدوده مورد مطالعه و بررسی اسناد موجود در نیروگاه و با کسب نظرات خبرگان مرتبط با موضوع پژوهش، شناسایی گردید. در ادامه، فرایند ارزیابی با استفاده از روش ماتریس ارزیابی اثرات سریع (RIAM) برای آثار واقعی شناسایی شده انجام گردید. سپس از تکنیک CoCoSo برای الویت بندی اثرات زیست محیطی نیروگاه سیکل ترکیبی غدیر استفاده شد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: srezayan@iau.ac.ir

نتایج: نتایج به دست آمده نشان داد که اثر دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر آبزیان با امتیاز نهایی ۱۶، اثر انتشار گازهای آلاینده بر وضعیت سلامت پرسنل با امتیاز نهایی ۱۵/۹ و اثر دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر زیستگاه آبی منطقه با امتیاز ۱۴/۴ دارای بیشترین اهمیت و یا به عبارت دیگر بحرانی‌ترین پیامدهای زیست محیطی می‌باشند. در نهایت، با توجه به اثرات شناسایی شده و نوع فعالیت‌های نیروگاه برنامه پایش محیط زیستی و همچنین اقدامات کنترلی و اصلاحی متناسب با اثرات ارائه شده است.

بحث: این مطالعه به منظور شناسایی و ارزیابی اثرات زیست محیطی واقعی یک نیروگاه سیکل ترکیبی انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر مربوط به آلودگی آب ناشی از تخلیه فاضلاب نیروگاه به محیط است. مهمترین عوامل موثر بر آلودگی آب مربوط به استفاده از مواد شیمیایی و مصرف زیاد آب در واحدهای بخار و خنک کننده است که منجر به آلودگی منابع آب سطحی می شود. بنابراین، یک برنامه پیشنهادی برای پایش پارامترهای مؤثر بر کیفیت محیط در داخل نیروگاه ارائه شده است. مطالعات انجام شده پیشین، نشان می‌دهد که مهمترین اثرات محیط‌زیستی ناشی از اجرای پروژه‌های نیروگاهی، آلودگی آب و انتشار گازهای حاصل از احتراق است که از این منظر با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

مقدمه

نیاز روزافزون به انرژی موجب گسترش صنایع عظیم مرتبط با انرژی همچون صنایع نفت و گاز و نیروگاهی شده است. از پروژه‌های صنعتی کارآمد، انعطاف پذیر و مقرون به صرفه برای تولید برق که امروزه در بسیاری از نقاط دنیا و همچنین ایران در حال ساخت و بهره‌برداری است، نیروگاه سیکل ترکیبی می‌باشد (Karyab *et al.*, 2020). نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با وجود بازده انرژی بالا با راندمان بالا، به دلیل تولید انواع پسماند، آلودگی هوا و آب، یکی از تأسیسات تأثیرگذار بر محیط‌زیست تلقی می‌شود. این امر باعث شده تا مدیریت جامع توسعه پایدار محیط زیست بیش از هر زمان دیگر مورد توجه قرار بگیرد. یکی از مهمترین ملاحظات برای دستیابی به توسعه پایدار کاهش اثرات نامطلوب زیست محیطی ناشی از تولید برق است (Strezov & Cho, 2020).

در واقع ارزیابی اثرات محیط زیست، فرایندی است که اثرات فعالیت‌های انسان بر محیط زیست را ارزیابی می‌کند و هدف آن حفظ توسعه پایدار در راستای تضمین حفاظت از اکوسیستم و رفاه انسان است (Banihashemi *et al.*, 2021).

فرآیند ارزیابی اثرات محیط زیستی با روش‌های زیادی شامل چک لیست، ماتریس، تحلیل شبکه، روی هم گذاری نقشه‌ها و مدل سازی انجام می‌گیرد (Mohammad Hosseini *et al.*, 2019). هر روش می تواند معایب و مزایای خاص خود را داشته باشد. بر این اساس انتخاب روش بهینه، مستلزم بررسی‌های متعدد در مورد نوع اثرات، حساسیت‌ها و ویژگی‌های محیط، میزان اطلاعات در دسترس و زمان در اختیار می‌باشد که بر حسب نوع پروژه، می‌تواند گستره متفاوتی از روش‌ها را در برگیرد (Ebadi *et al.*, 2020). در سال های اخیر تغییرات زیادی در روش‌های ارزیابی صورت گرفته است به گونه‌ای که استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به منظور تصمیم‌سازی مناسب و با در نظر گرفتن مجموعه معیارها در مطالعات ارزیابی کاربرد زیادی پیدا کرده است. از این رو، پژوهشگران بسته به نوع ارزیابی، هدف و فرایند مورد ارزیابی، یکی از روش‌ها را برای اجرا مورد استفاده قرار می دهند (Shirali *et al.*, 2014).

ازجمله مطالعاتی که درزمینه ارزیابی اثرات محیط‌زیستی نیروگاه‌ها انجام شده‌است، می‌توان به مطالعه Hosseinian و Nazari در سال ۲۰۱۷، با هدف ارزیابی اثرات حاصل از اجرای نیروگاه‌های گازی با مطالعه موردی نیروگاه شهید مفتح همدان اشاره نمود. دراین مطالعه از چک‌لیست ساده و ماتریس تعاملی لئوپولد برای شناسایی و ارزیابی اثرات نیروگاه استفاده شده است (Hosseinian & Nazari, 2017). Hosseini در پژوهش خود در سال ۲۰۲۳ آثار زیست محیطی ناشی از فعالیت های نیروگاه برق سیکل ترکیبی را بررسی کرده است (Hosseini., 2023). Mohammad Hosseini و همکاران در مطالعه‌ای با هدف ارزیابی اثرات محیط زیستی احداث نیروگاه های تجدیدپذیر خورشیدی- بادی در منطقه ویژه اقتصادی سلفچگان، از دو روش کاربردی ارزیابی اثرات محیط

زیستی ماتریس ایرانی و روش ماتریس ارزیابی اثرات سریع[1] استفاده کردند (Mohammad Hosseini *et al.*, 2019).

Malakutian و Ghasemi (۲۰۱۹) در مطالعه خود آثار زیست محیطی نیروگاه سیکل ترکیبی شوباد کهنوج را با استفاده از روش ماتریس تعاملی لئوپولد بررسی کرده و برنامه‌های پایش و مدیریت محیط زیست برای آن ارائه دادند (Ghasemi & Malakutian, 2019).

Yu و همکاران در سال ۲۰۲۴ از تلفیق روش FMEA مبتنی بر مجموعه‌های فازی و تکنیک کوکوسو[2] برای ارزیابی ریسک نشت مخزن ذخیره گاز استفاده کردند (Yu *et al.*, 2024). تراب و دشتی در پژوهشی با استفاده از روش‌هایSAW و FMEA، به ارزیابی ریسک‌های ایمنی، بهداشتی و محیط زیستی نیروگاه سیکل ترکیبی سمنگان پرداختند (Torab & Dashti, 2022). Borgheipour و همکاران نیز، ریسک‌های ایمنی بهداشتی و محیط زیستی واحدهای کلرزنی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی را با روش‌های هازوپ[3] و پاپیونی ارزیابی کردند (Borgheipour *et al.*, 2019). Mousavi و همکاران ریسک‌های محیط زیستی نیروگاه سیکل ترکیبی یزد را با استفاده از روش ویلیام فاین ارزیابی کردند (Mousavi *et al.*, 2017). همچنین Resen و همکاران در سال ۲۰۲۳ ارزیابی اثرات محیط‌زیستی سازمان‌های صنعتی را با استفاده از ماتریس ارزیابی اثرات سریع انجام دادند (Resen *et al.*, 2023). Motahari و همکاران نیز در سال ۲۰۲۳ در پژوهش خود اثرات محیط زیستی ناشی از تولید برق را براساس ارزیابی چرخه حیات نیروگاه سیکل ترکیبی مورد بررسی قرار دادند (Motahari *et al.*, 2023).

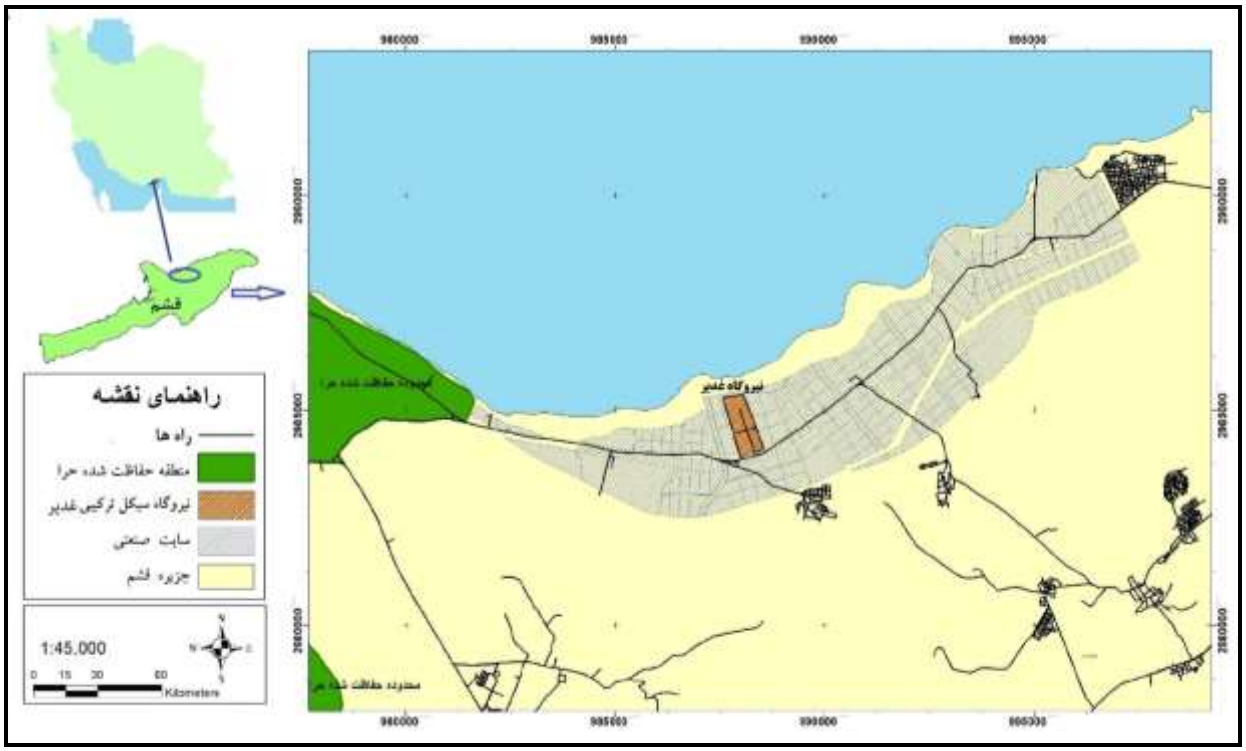
به‌طور کلی مطالعات صورت گرفته در رابطه با ارزیابی اثرات محیط زیستی نیروگاه‌ها بدون توجه به عدم قطعیت ذاتی در پیش‌بینی‌های ارزیابی اثرات محیط‌زیستی انجام گرفته است. مطالعات پسا ارزیابی نشان می‌دهند اثرات واقعی پروژه‌ها اغلب با اثرات پیش‌بینی شده متفاوت است (Tennøy *et al*, 2006; Wood *et al*, 2000). بر این اساس، هدف از انجام این مطالعه، ارزیابی و رتبه‌بندی اثرات محیط‌زیستی واقعی ناشی از فعالیت نیروگاه سیکل ترکیبی انرژی گستر غدیر قشم با استفاده از روش RIAM و رویکرد ترکیبی آنتروپی شانون و تکنیک CoCoSo می‌باشد. همچنین سعی شده است که با مقایسه نتایج ارزیابی اثرات نیروگاه که در حال بهره برداری است با نتایج گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی که در سال ۱۳۹۵ صورت گرفته، صحت اثرات پیش بینی شده راستی آزمایی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

نیروگاه سیکل ترکیبی انرژی گستر غدیر قشم در محدوده مختصات جغرافیایی به طول ۵۵ درجه و ۵۴ دقیقه و ۲۳ ثانیه و عرض جغرافیایی ۲۶ درجه و ۵۴ دقیقه و ۱۶ ثانیه تا طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۴ دقیقه و ۵۶ ثانیه و عرض جغرافیایی ۲۶ درجه و ۵۳ دقیقه و ۳۵ ثانیه در استان هرمزگان و شمال جزیره قشم قرار دارد. مساحت این نیروگاه حدود ۷۵ هکتار می باشد. شکل ۱ موقعیت این مجتمع را نشان می‌دهد. ظرفیت اسمی نیروگاه حدود ۵۰۰ مگاوات شامل ۲ واحد گازی هر کدام به ظرفیت ۱۷۰ مگاوات و واحد بخار به ظرفیت ۱۶۰ مگاوات می‌باشد. در محدوده مطالعاتی گونه با ارزش حرا (*Avicennia marina*) وجود دارد که از گونه‌های حمایت شده می باشد. فاصله طرح احداث نیروگاه سیکل ترکیبی غدیر قشم، از مناطق تحت مدیریت جنگل های حرا حدود ۶/۵کیلومتر می‌باشد (Pyramoon Consulting Co., 2016).

[1] RIAM
[2] Combined Compromise Solution (CoCoSo)
[3] HAZOP



شکل ۱- موقعیت نیروگاه مورد مطالعه

شناسایی معیارها و فعالیت‌ها: مطالعه حاضر با هدف ارزیابی و الویت‌بندی اثرات محیط‌زیستی نیروگاه سیکل ترکیبی انرژی گستر غدیر قشم در مرحله بهره‌برداری به عنوان بخشی از مطالعات پسا ارزیابی صنایع نیروگاهی انجام شده است. به منظور شناسایی اثرات محیط زیستی واقعی پروژه در فاز بهره‌برداری، ابتدا از طریق بررسی مقالات و پژوهش‌های مشابه، بازدید از نیروگاه غدیر قشم، اثرات محیط زیستی نیروگاه سیکل ترکیبی شناسایی شدند. سپس با استفاده از مستندات نیروگاه نظیر گزارش‌های پایش و خوداظهاری و با استفاده از تجارب کارشناسان و متخصصان در قالب مصاحبه و پرسشنامه، اثرات محیط‌زیستی ناشی از فعالیت‌های نیروگاه تعیین گردید. به منظور ارزیابی اثرات شناسایی شده در مرحله پیگیری از روش ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM) استفاده شد. همچنین، به منظور رتبه‌بندی اثرات محیط زیستی، معیارهای شدت اثر، تداوم اثر، احتمال وقوع اثر و اهمیت اثر،با روش انتروپی شانون وزن دهی گردید. سپس هر یک از اثرات بر اساس معیارهای نامبرده و با استفاده از تکنیک کوکوسو الویت‌بندی گردیدند. روند کلی ارزیابی اثرات محیط‌زیستی نیروگاه در مرحله Follow Up در شکل ۲ ارائه شده است.

شناسایی و ارزیابی اثرات محیط زیستی با روش RIAM: در این پژوهش پس از بررسی مستندات و گردآوری داده‌ها، به منظور شناسایی و ارزیابی اثرات واقعی نیروگاه سیکل ترکیبی غدیر قشم، از روش ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM) استفاده شد. روش RIAM برای اولین بار توسط پاستاکیا در سال ۱۹۹۸ میلادی معرفی گردیده که اساس آن امتیازدهی به اثرات فعالیت‌های پروژه بر فاکتورهای محیط زیستی می‌باشد (Khalili *et al*, 2021).

به منظور شناسایی اثرات محیط زیستی واقعی در این پژوهش، نتایج سنجش پارامترهای آلاینده محیطی و ریز فعالیت‌ها در نیروگاه غدیر قشم بررسی شد. سپس اثرات ایجاد شده توسط ریزفعالیت‌ها بر هر یک از پارامترهای محیط‌های فیزیکی/شیمیایی (P/C)، بیولوژیکی/اکولوژیکی (B/E)، اجتماعی/فرهنگی(S/C) و اقتصادی/فنی(E/O) مشخص گردید. در ادامه برای هر یک از اجزای محیط زیست یک نمره با استفاده از معیارهای روش ارزیابی سریع

اثرات، در نظر گرفته شد. معیارها در روش RIAM، به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- معیارهای A که نشان دهنده ی بزرگی اثر هستند و قادرند به طور مستقل بر امتیاز نهایی تأثیرگذار باشند.
- معیارهای B که نشان دهنده ارزش وضعیت و موقعیت هستند اما به طور مستقل قادر به تغییر امتیاز نهایی نمی‌باشند (Mohammad Hosseini *et al.*, 2019).

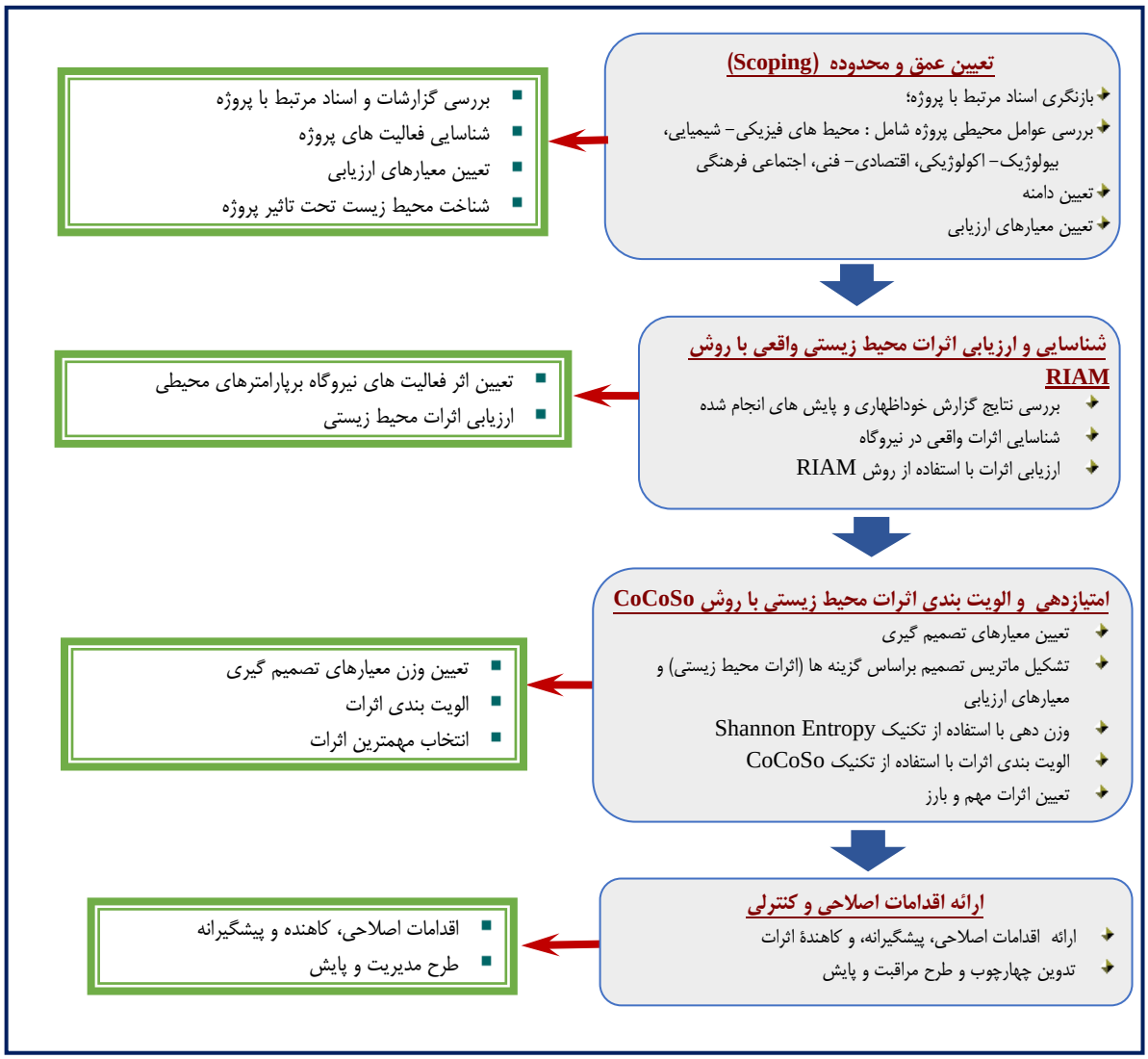
ارزش‌هایی که برای هر گروه از معیارها استفاده می‌گردد، به وسیله روابط زیر مشخص می‌شوند.

$$AT= (A1)*(A2) \quad (۱)$$

$$BT= (B1) + (B2) + (B3) \quad (۲)$$

$$ES= (AT)*(BT) \quad (۳)$$

که در روابط فوق، A1: اهمیت اثر، A2: دامنه اثر، B1: مدت اثر، B2: سازگاری اثر، B3: تجمعی بودن اثر و ES مجموع نمرات است. معیارها و مقیاس‌های مورد استفاده در روش پاستاکیا در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۲- روند اجرای مطالعه ارزیابی اثرات محیط زیستی نیروگاه

جدول ۱- معیارهای مورد استفاده در روش ماتریس سریع RIAM (Pastakia & Jensen, 1998)

معیار	نمره	توضیح
A1 اهمیت اثر	۴	دارای اهمیت ملی و یا بین المللی
	۳	دارای اهمیت منطقه ای یا ملی
	۲	دارای اهمیت برای مناطقی که در مجاورت خارج از شرایط محلی قرار دارند.
	۱	فقط با اهمیت برای شرایط محلی
	۰	بدون اهمیت
A2 شدت اثر	+۳	با اثر و تغییرات مثبت زیاد
	+۲	با ایجاد بهبود حائز اهمیت
	+۱	با ایجاد بهبود در محل
	۰	بدون تغییر
	-۱	با اثر منفی در محل
	-۲	با تغییرات منفی حائز اهمیت
	-۳	با تغییرات منفی زیاد
B1 موقت یا دائمی بودن	۱	بدون ایجاد تغییر
	۲	اثر موقت
	۳	اثر دائمی
B2 برگشت پذیری	۱	بدون ایجاد تغییرات
	۲	برگشت پذیر
	۳	برگشت ناپذیر
B3 تجمعی بودن	۱	بدون ایجاد تغییرات
	۲	بدون اثر تجمعی
	۳	با اثر تجمعی

جدول ۲ نشان دهنده مقادیر ES و دامنه طبقات (RB) مورد استفاده در روش ریام است. زمانی که امتیاز محیط زیست (ES) درون این دامنه‌ها قرار می‌گیرد، می‌توان آن را به تنهایی یا گروهی بر اساس نوع مولفه نشان داد و به اشکال تصویری یا عددی درآورد (Pastakia & Jensen, 1998).

جدول ۲- دامنه اثرات در روش ارزیابی سریع آثار محیط زیستی

شرح	دامنه حرفی	دامنه عددی	Environmental Score (ES)
اثرات و تغییرات مفید و مثبت زیاد	+E	۵	۷۲ تا ۱۰۸
اثرات و تغییرات مثبت مشخص	+D	۴	۳۶ تا ۷۱
اثرات و تغییرات مثبت متوسط	+C	۳	۱۹ تا ۳۵
اثرات و تغییرات مثبت کم	+B	۲	۱۰ تا ۱۸
اثرات و تغییرات مثبت ناچیز	+A	۱	۱ تا ۹
بدون اثر و تغییر در محل	N	۰	۰
اثرات و تغییرات منفی ناچیز	-A	-۱	-۱تا ۹-
اثرات و تغییرات منفی کم	-B	-۲	-۱۰ تا ۱۸-
اثرات و تغییرات منفی متوسط	-C	-۳	-۱۹ تا ۳۵-
اثرات و تغییرات منفی مشخص	-D	-۴	-۳۶ تا ۷۱-
اثرات و تغییرات منفی زیاد	-E	-۵	-۷۲ تا ۱۰۸-

هدف از انجام ارزیابی اثرات محیط زیستی در گام پیگیری، شناسایی و رتبه‌بندی اثرات واقعی نیروگاه سیکل ترکیبی غدیر در دوره بهره برداری می‌باشد، لذا در پژوهش حاضر، برای الویت‌بندی و تعیین مهمترین اثرات محیط زیستی، از روش تصمیم گیری چندمعیاره کوکوسو استفاده شده است. به این منظور ابتدا پرسشنامه‌ای تهیه و در اختیار کارشناسان خبره قرارگرفت. نمره‌دهی هر اثر در مرحله بهره‌برداری توسط کارشناسان مربوطه و براساس طیف لیکرت (۵-۱) و با در نظر گرفتن معیارهای شدت اثر، تداوم اثر، احتمال وقوع اثر و اهمیت اثر بوده است.

سنجش اهمیت و وزن معیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون: روش آنتروپی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای محاسبهٔ وزن معیارهاست. مزیت این تکنیک این است که براساس ماتریس تصمیم‌گیری و پراکندگی داده‌ها می‌توان درجهٔ اهمیت شاخص‌ها را محاسبه کرد (Nakhaeinejad & Safari, 2019؛ Kolios, *et al.*, 2017). مراحل روش آنتروپی به شرح زیر است:

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم

در تکنیک آنتروپی به ارزیابی m گزینه براساس n معیار پرداخته می‌شود. این امتیازات می‌تواند براساس مقادیر کمی یا کیفی باشد و در نهایت ماتریس تصمیم m*n را تشکیل می‌دهد.

گام دوم: تعیین Pij

در این گام، ماتریس تصمیم بر اساس رابطه (۴) نرمال گردید.

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}} \qquad (۴)$$

گام سوم: تعیین آنتروپی

آنتروپی هر شاخص براساس رابطه (۵) محاسبه شد. در این رابطه مقدار m در واقع تعداد گزینه‌های پژوهش می‌باشد.

$$E_{j} = -K \sum_{i=1}^{m} p_{ij} \; Ln(p_{ij}) \qquad (۵)$$

همچنین، K یک مقدار ثابت است که با استفاده از رابطه (۶) به دست می‌آید.

$$K = \frac{1}{\mathrm{Ln}\ m} \qquad (۶)$$

گام چهارم: تعیین عدم اطمینان یا درجه انحراف هر شاخص (dj)

$$d_j = 1 - E_j \qquad (۷)$$

گام پنجم: تعیین وزن هر شاخص (Wj)

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^{n} d_j} \qquad (۸)$$

پس از محاسبه وزن معیارها، گزینه‌ها (اثرات واقعی محیط زیستی) رتبه‌بندی گردید.

اجرای تکنیک کوکوسو: روش CoCoSo یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با راه‌حل ترکیبی سازشی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌باشد (Yazdani *et al.*, 2019)؛ که از ادغام چند تکنیک WASPAS، SAW و EWP تشکیل شده است.

در مطالعه حاضر، به منظور رتبه‌بندی اثرات محیط زیستی شناسایی شده بر اساس ۴ معیار شدت اثر، تداوم اثر، احتمال وقوع اثر و اهمیت اثر، پرسشنامه‌ای در اختیار ۱۰ نفر از متخصصین محیط‌زیست و پرسنل شاغل در نیروگاه قرار گرفت. تعداد کارشناسان خبره، براساس روش Krejcie و Morgan (۱۹۷۰) تعیین شده است. پس از نمره‌دهی به معیارهای تصمیم‌گیری با استفاده از طیف لیکرت، میانگین نظرات کارشناسان تعیین شده و پرسشنامه‌ها با یکدیگر تلفیق گردید. در ادامه، تکنیک کوکوسو به شرح مراحل زیر اجرا گردید؛

۱- تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

در این پژوهش ماتریس تصمیم برای ارزیابی ۲۷ گزینه با استفاده از ۴ معیار تشکیل شد.

۲- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم

فرایند نرمالسازی روش CoCoSo با نرمالسازی روش‌هایی مانند WASPAS متفاوت است (Ersoy, 2021). در این گام با استفاده از رابطه (۹) برای معیارهای مثبت و رابطه (۱۰) برای معیارهای منفی به نرمال‌سازی ماتریس تصمیم بی مقیاس گردید.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - minx_{ij}}{maxx_{ij} - minx_{ij}} \qquad (۹)$$

$$r_{ij} = \frac{maxx_{ij} - x_{ij}}{maxx_{ij} - minx_{ij}} \quad (۱۰)$$

۳- محاسبه ضرب وزنی (S) و توان وزنی (P)

در این گام با استفاده از روابط ۱۱ و ۱۲ به ترتیب ضرب وزنی (S) و توان وزنی (P) محاسبه گردید. در واقع مقدار S برابر با جمع مقادیر ضرب وزن معیارها در ماتریس نرمال برای هر گزینه است و مقدار P برابر با جمع مقادیر ماتریس نرمال به توان وزن معیارها است.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} (W_j r_{ij}) \quad (۱۱)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^{n} (r_{ij})^{W_j} \quad (۱۲)$$

۴- ارزیابی گزینه‌ها بر اساس سه استراتژی

بر اساس روابط ۱۳ تا ۱۵ ارزیابی گزینه‌ها بر اساس سه استراتژی صورت می‌گیرد. محاسبه میانگین حسابی و جمع بهترین گزینه‌ها در مقادیر S و P به ترتیب توسط روابط ۱۳ و ۱۴ به دست آمد. رابطه ۱۶ مصالحه‌ای بین S و P می‌باشد در این رابطه λ توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود اما در حالت ۰/۵ انعطاف پذیری زیادی دارد.

$$K_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^{m}(P_i + S_i)} \quad (۱۳)$$

$$K_{ib} = \frac{S_i}{minS_i} + \frac{P_i}{minP_i} \quad (۱۴)$$

$$K_{ic} = \frac{\lambda S_i + (1-\lambda)P_i}{\lambda maxS_i + (1-\lambda)maxP_i} \quad (۱۵)$$

۵- تعیین امتیاز نهایی گزینه‌ها

در مرحله پایانی، امتیاز نهایی هر گزینه بر اساس رابطه ۱۶ محاسبه و رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام شده است.

$$k_i = (k_{ia}k_{ib}k_{ic})^{\frac{1}{3}} + \frac{1}{3}(k_{ia} + k_{ib} + k_{ic}) \quad (۱۶)$$

نتایج

ماتریس ارزیابی اثرات سریع: اثرات فعالیت‌های نیروگاه سیکل‌ترکیبی انرژی‌گستر غدیر قشم بر هریک از محیط‌های فیزیکی- شیمیایی، بیولوژیکی- اکولوژیکی، اجتماعی- فرهنگی و اقتصادی- فنی در مرحله بهره‌برداری با استفاده از ماتریس پاستاکیا ارزیابی شد.

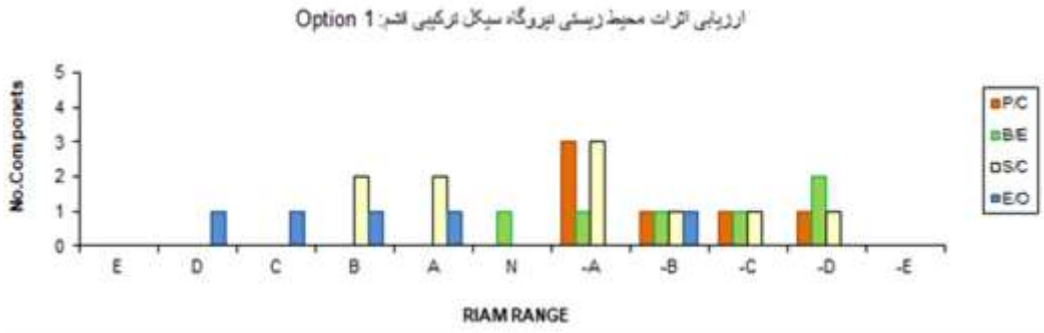
خروجی نرم‌افزار پاستاکیا در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی اثرات فعالیت‌های بهره‌برداری از نیروگاه سیکل ترکیبی قشم با روش ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM)، از میان ۲۷ اثر ارزیابی شده، ۸ اثر مثبت، ۱۸ اثر منفی و یک فعالیت بدون اثر می باشد. بیشترین اثرات مثبت مربوط به اشتغال زایی می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که بهره‌برداری از نیروگاه منجر به رونق اقتصادی و ایجاد فرصت شغلی در منطقه می‌گردد. لازم به ذکر است، اثرات منفی در مرحله بهره برداری به طور عمده مربوط به تخلیه پساب به آب‌های سطحی و نیز انتشار گازهای آلاینده می‌باشد. در این شرایط اعمال مدیریت محیط زیست برای این دو عامل آلاینده ضروری می‌باشد.

اولویت‌بندی اثرات محیط زیستی با تکنیک CoCoSo: اثرات واقعی شناسایی شده در دوره بهره‌برداری نیروگاه در جدول ۴ ارائه شده است. به منظور رتبه‌بندی اثرات با استفاده از تکنیک کوکوسو ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل گردید. این ماتریس شامل ۲۷ اثر محیط زیستی (گزینه‌های ماتریس) و ۴ معیار مهم شدت اثر (C_1)، تداوم اثر (C_2)، احتمال وقوع اثر (C_3) و اهمیت اثر (C_4) که از میان معیارهای رایج در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی انتخاب شده‌اند، می‌باشد.

اثرات محیط زیستی شناسایی شده در مرحله پیگیری از مطالعات پسا ارزیابی، با استفاده از تکنیک CoCoSo و براساس الویت‌بندی شدند. وزن معیارهای نامبرده در بالا با روش آنتروپی شانون به ترتیب C_1 (۰/۲۰۴۶)، C_2 (۰/۲۵۲۷)، C_3 (۰/۲۶۲۶)، C_4 (۰/۲۸۰۲)، محاسبه شد. به منظور رتبه‌بندی اثرات محیط زیستی بر اساس ۳ استراتژی ابتدا مقادیر ضرب وزنی (S) و توان وزنی (P) تعیین گردید. در ادامه با استفاده از مقادیر S و P و بر اساس ۳ راهبرد نمرات ارزیابی گزینه‌ها محاسبه گردید. نتایج این گام در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۳- خروجی نرم‌افزار پاستاکیا

Code	Components / Description	RIAM Criteria Scores A1	A2	B1	B2	B3	Env. Score ES	Range Value RV	Opt. Name	Graph Value
P/C	اثر حمل و نقل بر کیفیت هوا	1	-1	2	2	2	-6	**-A**	P/C	-1
P/C	اثر انتشار گازهای آلاینده ناشی از دودکش ها بر هوا	2	-3	2	3	3	-48	**-D**	P/C	-4
P/C	اثرفعالیت ژنراتورها، پمپ‌ها وکمپرسورها برصدا	1	-2	2	2	2	-12	**-B**	P/C	-2
P/C	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر خاک	1	1	3	3	2	8	**A**	P/C	1
P/C	اثر دفع پساب صنعتی و فرایندی بر آبهای سطحی	2	-2	2	3	3	-32	**-C**	P/C	-3
P/C	اثر پساب بهداشتی بر آب های سطحی	1	-1	2	2	2	-6	**-A**	P/C	-1
B/E	اثر فعالیت های نیروگاه بر زیستگاه خشکی منطقه	1	0	3	3	1	0	**N**	B/E	0
B/E	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر زیستگاه ساحلی	2	-2	3	2	2	-28	**-C**	B/E	-3
B/E	اثر انتشار گازهای آلاینده بر گونه های جانوری	2	-1	3	3	2	-16	**-B**	B/E	-2
B/E	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر گونه های گیاهی	1	-1	3	2	2	-7	**-A**	B/E	-1
B/E	اثر دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر آبزیان منطقه	2	-2	3	3	3	-36	**-D**	B/E	-4
B/E	اثر دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر زیستگاه آبی منطقه	2	-2	3	3	3	-36	**-D**	B/E	-4
S/C	اثر تردد وسایل نقلیه و ماشین آلات سنگین بر حوادث	2	-2	2	3	2	-28	**-C**	S/C	-3
S/C	اثر انتشار گازهای آلاینده بر وضعیت سلامت پرسنل	2	-2	3	3	3	-36	**-D**	S/C	-4
S/C	اثر انتشار گازهای آلاینده بر وضعیت سلامت مردم منطقه	1	-1	3	3	3	-9	**-A**	S/C	-1
S/C	اثرفعالیت ژنراتورها، پمپ‌ها و کمپرسورها بر سلامت پرسنل	1	-1	2	2	2	-6	**-A**	S/C	-1
S/C	اثر دفع پسماند صنعتی وخانگی بر وضعیت بهداشت و سلامت	1	1	2	2	2	6	**A**	S/C	1
S/C	اثر دفع پساب صنعتی وخانگی بروضعیت بهداشت و سلامت	2	-1	2	2	2	-12	**-B**	S/C	-2
S/C	اثر تامین نیروی انسانی بر فرهنگ بومی منطقه	1	-1	2	2	2	-6	**-A**	S/C	-1
S/C	اثر تامین نیروی انسانی بر مهاجرت	2	1	3	3	2	16	**B**	S/C	2
S/C	اثر بهره‌برداری از واحدهای نیروگاه بر آموزش	1	1	3	3	2	8	**A**	S/C	1
S/C	اثرتوسعه‌ونگهداری فضای‌سبزپیرامون نیروگاه برسلامت پرسنل	1	2	3	3	2	16	**B**	S/C	2
E/O	اثر بهره‌برداری از واحدهای نیروگاه برمشاغل خدماتی	2	1	2	2	3	14	**B**	E/O	2
E/O	اثر تولید و توزیع برق بر درآمد ارزی	2	1	1	1	1	6	**A**	E/O	1
E/O	اثر تامین نیروی انسانی بر اقتصاد و درآمد منطقه	2	2	3	3	2	32	**C**	E/O	3
E/O	اثر بهره برداری از نیروگاه قشم بر اشتغال	3	2	3	3	2	48	**D**	E/O	4
E/O	اثر بهره برداری ازنیروگاه قشم بر مشاغل سنتی منطقه نظیر صیادی	2	-1	3	3	2	-16	**-B**	E/O	-2



شکل ۳- اثرات ناشی از طرح بر محیط‌های مختلف در مرحله بهره‌برداری

جدول ۴- اثرات شناسایی شده در دوره بهره‌برداری

گزینه	اثرات	گزینه	اثرات
A1	اثر حمل و نقل بر کیفیت هوا	A15	اثر انتشار گازهای آلاینده بر وضعیت سلامت مردم منطقه
A2	اثر انتشار گازهای آلاینده ناشی از دودکش‌ها بر هوا	A16	اثر فعالیت ژنراتورها، پمپ‌ها و کمپرسورها بر سلامت پرسنل
A3	اثرفعالیت ژنراتورها، پمپ‌ها وکمپرسورها بر صدا	A17	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بروضعیت بهداشت و سلامت
A4	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر خاک	A18	اثر دفع پساب صنعتی و خانگی بروضعیت بهداشت و سلامت
A5	اثر دفع پساب صنعتی و فرآیندی بر آب‌های سطحی	A19	اثر تامین نیروی انسانی بر فرهنگ بومی منطقه
A6	اثر پساب بهداشتی بر آبهای سطحی	A20	اثر تامین نیروی انسانی بر مهاجرت
A7	اثر فعالیت‌های نیروگاه بر زیستگاه خشکی منطقه	A21	اثر بهره‌برداری از واحدهای نیروگاهبر آموزش
A8	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر زیستگاه ساحلی	A22	اثر توسعه و نگهداری فضای سبز پیرامون نیروگاه برسلامت پرسنل
A9	اثر انتشار گازهای آلاینده بر گونه های جانوری	A23	اثر بهره‌برداری از واحدهای نیروگاه برمشاغل خدماتی
A10	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر گونه های گیاهی	A24	اثر تولید و توزیع برق بر درآمد ارزی
A11	اثر دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر آبزیان منطقه	A25	اثر تأمین نیروی انسانی بر اقتصاد و درآمد منطقه
A12	اثر دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر زیستگاه آبی منطقه	A26	اثر بهره برداری از نیروگاه قشم بر اشتغال
A13	اثر تردد وسایل نقلیه و ماشین آلات سنگین بر حوادث	A27	اثر بهره برداری از نیروگاه بر مشاغل سنتی منطقه نظیر صیادی
A14	اثر انتشار گازهای آلاینده بر وضعیت سلامت پرسنل		

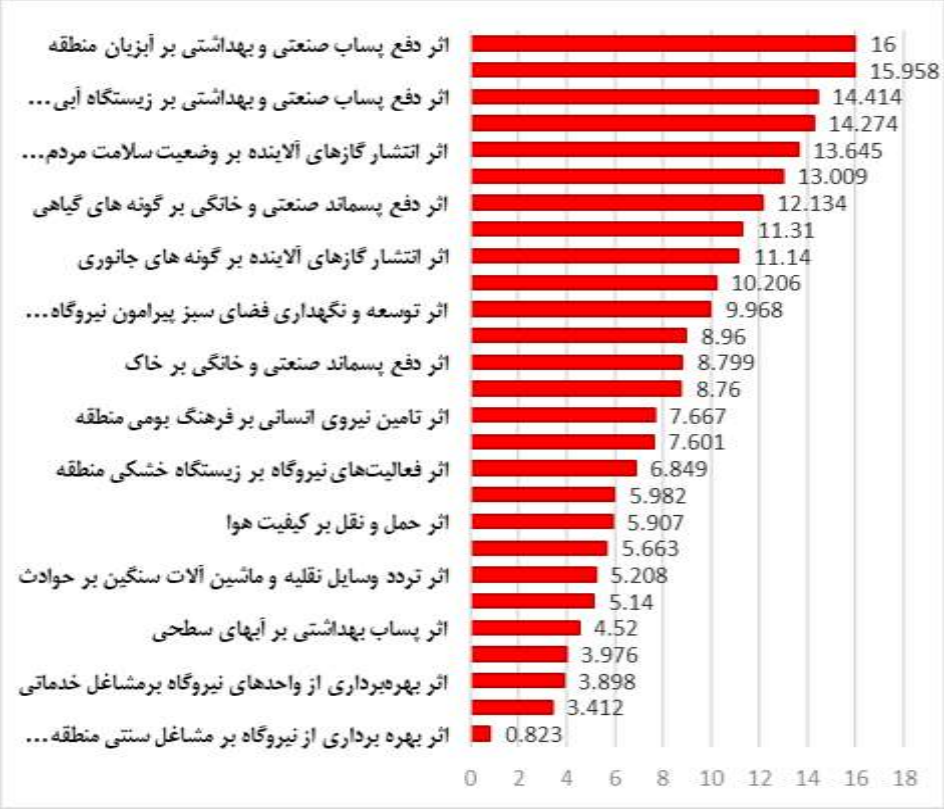
جدول ۵- امتیاز اثرات محیط زیستی بر اساس راهبردها

گزینه‌ها	اثرات	K_a	K_b	K_c
A1	اثر حمل و نقل بر کیفیت هوا	۰/۰۳۲	۱۵/۰۶۷	۰/۶۱۹
A2	اثر انتشار گازهای آلاینده ناشی از دودکش‌ها بر هوا	۰/۰۴۹	۳۸/۱۹۸	۰/۹۴۷
A3	اثرفعالیت ژنراتورها، پمپ‌ها وکمپرسورها بر صدا	۰/۰۳۹	۲۲/۸۴۵	۰/۷۵۹
A4	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر خاک	۰/۰۳۹	۲۲/۹۶۵	۰/۷۵۷
A5	اثر دفع پساب صنعتی و فرآیندی بر آب‌های سطحی	۰/۰۴۴	۲۹/۹۲۳	۰/۸۵۱
A6	اثر پساب بهداشتی بر آب‌های سطحی	۰/۰۲۹	۱۱/۲۷۷	۰/۵۵۸
A7	اثر فعالیت‌های نیروگاه بر زیستگاه خشکی منطقه	۰/۰۳۵	۱۷/۶۱۹	۰/۶۷۰
A8	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر زیستگاه ساحلی	۰/۰۴۷	۳۴/۶۵۷	۰/۹۰۹
A9	اثر انتشار گازهای آلاینده بر گونه‌های جانوری	۰/۰۴۴	۲۹/۴۵۰	۰/۸۴۶
A10	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر گونه‌های گیاهی	۰/۰۴۵	۳۲/۲۲۳	۰/۸۷۸
A11	اثر دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر آبزیان منطقه	۰/۰۵۲	۴۳/۰۳۲	۱
A12	اثر دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر زیستگاه آبی منطقه	۰/۰۴۹	۳۸/۵۸۸	۰/۹۵۲
A13	اثر تردد وسایل نقلیه و ماشین آلات سنگین بر حوادث	۰/۰۳۰	۱۳/۱۶۱	۰/۵۸۶
A14	اثر انتشار گازهای آلاینده بر وضعیت سلامت پرسنل	۰/۰۵۱	۴۲/۹۱۸	۰/۹۹۹
A15	اثر انتشار گازهای آلاینده بر وضعیت سلامت مردم منطقه	۰/۰۴۸	۳۶/۴۳۷	۰/۹۲۸
A16	اثر فعالیت ژنراتورها، پمپ‌ها و کمپرسورها بر سلامت پرسنل	۰/۰۳۰	۱۲/۹۷۰	۰/۵۸۵
A17	اثر دفع پسماند صنعتی وخانگی بر وضعیت بهداشت و سلامت	۰/۰۴۲	۲۶/۸۵۶	۰/۸۱۲
A18	اثر دفع پساب صنعتی وخانگی بر وضعیت بهداشت و سلامت	۰/۰۳۷	۱۹/۶۶۴	۰/۷۰۸
A19	اثر تامین نیروی انسانی بر فرهنگ بومی منطقه	۰/۰۳۷	۱۹/۸۴۴	۰/۷۱۱
A20	اثر تامین نیروی انسانی بر مهاجرت	۰/۰۳۲	۱۴/۳۷۱	۰/۶۱۸
A21	اثر بهره‌برداری از واحدهای نیروگاهبر آموزش	۰/۰۴۰	۲۳/۴۰۰	۰/۷۶۷
A22	اثر توسعه و نگهداری فضای سبز پیرامون نیروگاه بر سلامت پرسنل	۰/۰۴۱	۲۶/۱۸۸	۰/۸۰۵
A23	اثر بهره‌برداری از واحدهای نیروگاه برمشاغل خدماتی	۰/۰۲۷	۹/۵۹۵	۰/۵۲۶
A24	اثر تولید و توزیع برق بر درآمد ارزی	۰/۰۲۱	۸/۵۴۷	۰/۴۰۹
A25	اثر تامین نیروی انسانی بر اقتصاد و درآمد منطقه	۰/۰۲۳	۱۰/۰۶۱	۰/۴۴۳
A26	اثر بهره برداری از نیروگاه قشم بر اشتغال	۰/۰۳۳	۱۵/۲۱۹	۰/۶۴۰
A27	اثر بهره برداری از نیروگاه بر مشاغل سنتی منطقه نظیر صیادی	۰/۰۰۶	۲	۰/۱۲۱

پس از محاسبه راهبردها، ارزش نهایی هرگزینه (اثرات محیط زیستی) با استفاده از رابطه (۱۶) محاسبه شد. نتایج این بخش در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- امتیاز و رتبه نهایی اثرات

گزینه‌ها	اثرات	امتیاز نهایی (K)	رتبه
A1	اثر حمل و نقل بر کیفیت هوا	۵/۹۰۷	۱۹
A2	اثر انتشار گازهای آلاینده ناشی از دودکش‌ها بر هوا	۱۴/۲۷۴	۴
A3	اثرفعالیت ژنراتورها، پمپ‌ها وکمپرسورها بر صدا	۸/۷۶۰	۱۴
A4	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر خاک	۸/۷۹۹	۱۳
A5	اثر دفع پساب صنعتی و فرآیندی بر آب‌های سطحی	۱۱/۳۱۰	۸
A6	اثر پساب بهداشتی بر آب‌های سطحی	۴/۵۲۰	۲۳
A7	اثر فعالیت‌های نیروگاه بر زیستگاه خشکی منطقه	۶/۸۴۹	۱۷
A8	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر زیستگاه ساحلی	۱۳/۰۰۹	۶
A9	اثر انتشار گازهای آلاینده بر گونه‌های جانوری	۱۱/۱۴۰	۹
A10	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بر گونه های گیاهی	۱۲/۱۳۴	۷
A11	اثر دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر آبزیان منطقه	۱۶	۱
A12	اثر دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر زیستگاه آبی منطقه	۱۴/۴۱۴	۳
A13	اثر تردد وسایل نقلیه و ماشین آلات سنگین بر حوادث	۵/۲۰۸	۲۱
A14	اثر انتشار گازهای آلاینده بر وضعیت سلامت پرسنل	۱۵/۹۵۸	۲
A15	اثر انتشار گازهای آلاینده بر وضعیت سلامت مردم منطقه	۱۳/۶۴۵	۵
A16	اثر فعالیت ژنراتورها، پمپ‌ها و کمپرسورها بر سلامت پرسنل	۵/۱۴۰	۲۲
A17	اثر دفع پسماند صنعتی و خانگی بروضعیت بهداشت و سلامت	۱۰/۲۰۶	۱۰
A18	اثر دفع پساب صنعتی و خانگی بروضعیت بهداشت و سلامت	۷/۶۰۱	۱۶
A19	اثر تامین نیروی انسانی بر فرهنگ بومی منطقه	۷/۶۶۷	۱۵
A20	اثر تامین نیروی انسانی بر مهاجرت	۵/۶۶۳	۲۰
A21	اثر بهره‌برداری از واحدهای نیروگاه بر آموزش	۸/۹۶۰	۱۲
A22	اثر توسعه و نگهداری فضای سبز پیرامون نیروگاه بر سلامت پرسنل	۹/۹۶۸	۱۱
A23	اثر بهره‌برداری از واحدهای نیروگاه برمشاغل خدماتی	۳/۸۹۸	۲۵
A24	اثر تولید و توزیع برق بر درآمد ارزی	۳/۴۱۲	۲۶
A25	اثر تامین نیروی انسانی بر اقتصاد و درآمد منطقه	۳/۹۷۶	۲۴
A26	اثر بهره برداری از نیروگاه قشم بر اشتغال	۵/۹۸۲	۱۸
A27	اثر بهره برداری از نیروگاه بر مشاغل سنتی منطقه نظیر صیادی	۰/۸۲۳	۲۷



شکل ۴- امتیاز و اولویت نهایی اثرات بر اساس بحرانی بودن

نتایج الویت‌بندی اثرات محیط زیستی با تکنیک کوکوسو (شکل ۴) نشان می‌دهد که اثرات دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر آبزیان با امتیاز ۱۶، اثر انتشار گازهای آلاینده بر وضعیت سلامت پرسنل با امتیاز نهایی ۱۵/۹، اثر دفع پساب صنعتی و بهداشتی بر زیستگاه آبی منطقه ۱۴/۴ و اثر انتشار گازهای آلاینده از دودکش بر کیفیت هوای منطقه ۱۴/۲ دارای بیشترین اهمیت می باشند.

آلودگی آب ناشی از بهره‌برداری از پروژه نیروگاه سیکل ترکیبی قشم، به طور عمده از پساب‌های حاصل از فرآیندها شستشوی شیمیایی (اسید شویی) لوله‌های بویلرها، خنک کننده‌ها، پساب ناشی از واحد تصفیه آب و واحد زلال‌سازی آب کندانسور، پساب ناشی از سیستم تصفیه و همچنین فاضلاب بهداشتی می‌باشد. نکته قابل توجه این است که در نیروگاه‌ها، طراحی برج‌های خنک کننده به نحوی صورت می‌گیرد که جریان پساب به صورت تقریباً پیوسته تخلیه شده و آب تازه به مقدار مناسب اضافه گردد. این امر موجب افزایش میزان پساب خروجی می گردد. آلودگی هوا عمدتاً از طریق تخلیه گازهای خروجی لوله دودکش نیروگاه سیکل ترکیبی قشم ناشی می شود. آلاینده‌های گازی نیروگاه سیکل اغلب NOx، CO، CO_2، گرد و غبار می باشد.

بحث

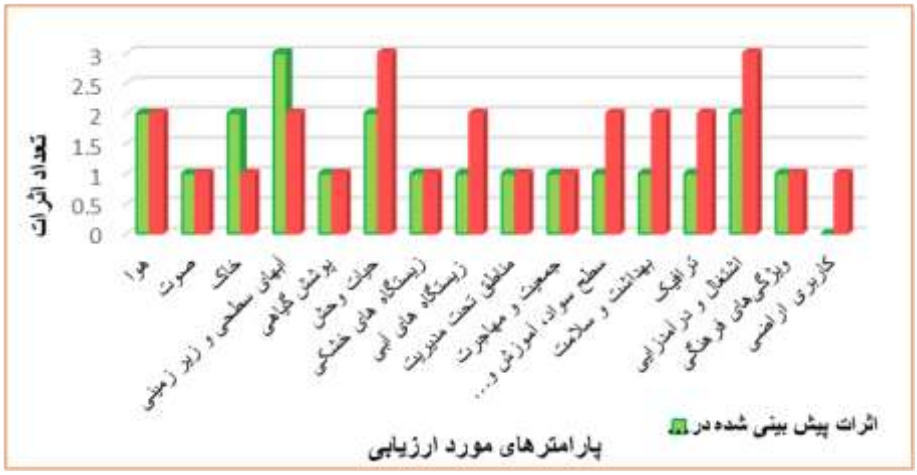
این مطالعه با هدف شناسایی و ارزیابی اثرات محیط زیستی رخ داده (واقعی) در نیروگاه سیکل ترکیبی انجام شد. نتایج ارزیابی اثرات محیط‌زیستی نیروگاه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بارزترین اثر مربوط به آلودگی آب به علت تخلیه پساب نیروگاهی به محیط آبی پذیرنده می‌باشد. مهمترین عوامل تاثیرگذار در آلودگی آب مربوط به استفاده از مواد شیمیایی و مصرف گسترده آب در واحدهای بخار و خنک کننده‌ها بوده و منجر به آلودگی منابع آب سطحی می‌گردد. از این رو برنامه پیشنهادی جهت پایش پارامترهای موثر بر کیفیت محیط زیست در محدوده نیروگاه با در نظر گرفتن زمان و مکان اجرای برنامه در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷- برنامه مدیریت و پایش محیط زیستی به منظور کنترل مهمترین اثرات شناسایی شده

محیط اثر پذیر	منبع انتشار آلاینده	پارامتر مورد پایش	فعالیت های کنترلی	مسئول پایش	مکا ن پایش	زمان پایش
هوا	دودکش بویلر	گازهای احتراقی نظیر NO_X، SO_2، CO، CO_2، و ذرات معلق	تعمیر ونگهداری تجهیزات و بازرسی دوره‌ای سنجش پارامترهای کیفیت هوا (خوداظهاری گوشه سایت و فلر طبق دستورالعمل پایش سازمان حفاظت محیط زیست) نصب سیستم پایش آنلاین بر روی دودکش‌های بویلر	واحد محیط زیست نیروگاه با بهره گیری از آزمایشگاه معتمد محیط زیست واحد تعمیرات و نگهداری با نظارت واحد HSE	سایت نیروگاه سیکل ترکیبی غدیر	سه‌ماه یکبار
	تردد وسایل نقلیه در محدوده سایت	گازهای خروجی از اگزوز ماشین آلات نظیر NO_X، SO_2، CO، CO_2	تدوین و اجرای برنامه نگهداری و تعمیر منظم تجهیزات رعایت استاندارد خروجی اگزوز نظارت بر عمر مفید ماشین آلات مصرفی و استاندارد بودن آن ها	واحد HSE نیروگاه با بهره گیری از آزمایشگاه معتمد محیط زیست	پارکینگ خودروهای سایت در حالت روشن وثابت	سه ماه یکبار
آب‌های ساحلی مجاور طرح	سرویس های بهداشتی	BOD و COD پساب بهداشتی و فکال کلیفرم	تصفیه پساب			سه ماه یکبار
	فعالیت کولینگ تاورها	پارامترهایی نظیر دما، اکسیژن محلول، باقیمانده گندزدا، pH	هوادهی پساب خروجی قبل از تخلیه به محیط به منظور جلوگیری از کاهش اکسیژن محلول در دریا کنترل دما و pH پساب	واحد HSE با بهره گیری از آزمایشگاه معتمد محیط زیست	کانال‌های پساب	در صورت ضرورت ماهیانه توسط نیروگاه
	عملیات تعمیر نگهداری تجهیزات	پساب ناشی از شستشو تجهیزات (پارامترهایی نظیر کدورت، مواد روغنی، pH و ...)	جداسازی مواد روغنی و تصفیه ابتدایی پساب			

محیط اثر پذیر	منبع انتشار آلاینده	پارامتر مورد پایش	فعالیت های کنترلی	مسئول پایش	مکا ن پایش	زمان پایش
	رواناب‌های سطحی	پساب ناشی ازشستشو تجهیزات (کدورت، مواد روغنی، pH و ...)				
خاک	فعالیت کمپرسور،ژنراتور، پمپ شستشوی تجهیزات	فلزات سنگین، هیدروکربن‌های نفتی ریخت و پاش مواد شیمیایی و ضایعات جامد	ایجاد بستر بتنی با زهکش مناسب، کنترل شیرالات دپوی ضایعات صنعتی به صورت مسقف	واحد HSE نیروگاه با بهره گیری از آزمایشگاه معتمد محیط زیست	محدوده سایت	سه ماه یکبار
	پسماندهای خانگی پسماندهای صنعتی	بقایای مواد غذایی و دورریزهای خانگی دپوی زائدات صنعتی، مواد روغنی و اسیدها	مدیریت پسماند های خانگی و صنعتی	واحد HSE	محدوده سایت	
صوت	تردد وسایل نقلیه فعالیت ماشین آلات در زمان تعمیرات اساسی فعالیت پمپ‌ها، ژنراتورها و کمپرسورها	تراز صوتی Leq صدای‌محیطی‌در سایت نیروگاه	عایق کاری در موتورهایی با سر و صدای زیاد استفاده از مواد جاذب صوت در اطراف تجهیزات با صدای زیاد در سایت تعمیر و نگهداری مناسب تجهیزات استفاده پرسنل از گوشی های محافظ در برابر صدا	واحد HSE با بهره‌گیری از آزمایشگاه معتمد محیط زیست	محدوده سایت نیروگاه سیکل ترکیبی غدیر	سه ماه یکبار
اکولوژیکی-بیولوژیکی	تخلیه پساب به خلیج فارس برداشت آب از خلیج فارس برای مصارف آب شیرین کن و سیستم های خنک کننده	تراکم آبزیان تنوع آبزیان	پایش پارامترهای کیفی پساب در زمان تخلیه اندازه گیری تغییرات کیفیت آب در شعاع ۱۰۰ متری از محل تخلیه پساب به آبهای ساحلی	واحد محیط‌زیست نیروگاه با بهره‌گیری از آزمایشگاه معتمد محیط زیست	سایت نیروگاه سیکل ترکیبی غدیر	سالانه

مقایسه نتایج ارزیابی اثرات پیش بینی شده در اسناد نیروگاه و اثرات به وقوع پیوسته (شکل ۵) نشان می‌دهد که پارامترهای کاربری اراضی در گزارش EIA بررسی نشده است. همچنین پیش‌بینی صورت گرفته در مورد پارامترهای ویژگی‌های فرهنگی و زیستگاه خشکی با اثرات به وقوع پیوسته در شرایط کنونی منطقه مطابقت ندارد. لازم به ذکر است که در مقایسه صورت گرفته بین اثرات پیش‌بینی شده در اسناد ارزیابی اثرات محیط زیستی نیروگاه آلودگی هوا کنترل شده پیش‌بینی شده است که در شرایط واقعی با افزایش گازهای احتراقی در برخی از ماه‌های سال مواجه بوده است. همچنین در بحث آلودگی آب، نشت پساب نیروگاه به آب‌های سطحی مشاهده شده است که به دلیل ضعف در مدیریت پساب می باشد. به عبارت دیگر، نتایج بررسی اثرات موجود ناشی از اجرای طرح در مرحله پیگیری با نتایج حاصل از گزارش ارزیابی در چند گزینه متفاوت است. مهمترین دلیل عدم بررسی و دقت در پیش‌بینی اثرات، اطلاعات نامناسب، نادیده گرفتن برخی از اثرات و فرضیات خوش‌بینانه در EIA بدون در نظر گرفتن شرایط واقعی بهره‌برداری می‌باشد.



شکل ۵- مقایسه اثرات پیش‌بینی شده و اثرات شناسایی شده در نیروگاه

با توجه به اثرات شناسایی شده در نیروگاه سیکل ترکیبی انرژی گستر غدیر قشم، کنترل عوامل آلاینده یکی از مهمترین اهداف مدیریت محیط زیست است. بر این اساس علاوه بر برنامه پایش پیشنهاد شده در بالا، برخی راهکارهای اجرایی جهت مدیریت عوامل آلاینده در نیروگاه به شرح زیر ارائه شده است؛

- پایش مستمر و آنلاین، اندازه گیری پارامترهای خروجی دودکش
- استفاده از تکنولوژی‌های به روز جهت کاهش آلاینده‌های احتراقی
- تعویض به موقع فیلترهای هوا و استفاده از فیلترهای مناسب
- انجام بازدیدهای دوره‌ای و کنترل مقدار دورریز و مواد شیمیایی تزریقی به آب مورد استفاده در برج‌های خنک کننده و آب خام مورد نیاز
- ساخت تصفیه خانه جهت تصفیه پساب نیروگاه
- دفن لجن‌های حاوی فلزات سنگین به شیوه استاندارد
- استقرار سیستم مدیریت محیط زیست (EMS) در نیروگاه و تعهد به اجرای اصول آن

لازم به ذکر است، مقایسه نتایج حاصل از مطالعات پیشین از جمله مطالعه Hosseinian و Nazari (۲۰۱۷)، Hosseini و همکاران (۲۰۱۹) و Malakutian و Ghasemi (۲۰۱۹) در زمینه ارزیابی اثرات نیروگاه نشان داد که مهمترین اثرات محیط زیستی حاصل از اجرای طرح‌های نیروگاهی، آلودگی منابع آب و انتشار گازهای احتراقی می باشد که از این منظر با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

همچنین نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است که روش تلفیقی پیشنهادی در این پژوهش می‌تواند جایگزین روش‌های سنتی ارزیابی اثرات محیط زیستی شود. نکته

قابل توجه در انجام فرایند EIA این است که اثرات محیط زیستی را باید از دیدگاه چندمعیاره مورد بررسی قرار داد. از آن‌جا که توجه و تمرکز روش‌های سنتی ارزیابی اثر همواره بر مولفه محیط زیست می‌باشد (Mohebali *et al*, 2020)؛ ترکیب دو روش ریام و کوکوسو در این پژوهش یک استراتژی خوب برای جبران کمبود استفاده از یک روش در فرایند ارزیابی اثرات توسعه بر محیط زیست است. بدین ترتیب، علاوه بر انجام فرایند EIA، مسائل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی محدوده اجرای طرح را همزمان در ارزیابی در نظر گرفته و با کمک قضاوت و دانش متخصصان مرتبط با طرح، دقت ارزیابی و الویت بندی اثرات بر محیط پیرامون طرح را افزایش داد.

منابع

1. **Banihashemi, S.A., Khalilzadeh, M., Shahraki, A., Rostamy, M.M. and Ahmadizade, S. S., 2021.** Optimizing the Environmental Impacts of the Construction Industry with Multi-Mode Activities: The Iranian Leopold Matrix Method. Journal of Environmental Science and Technology, 23(2 (105)), 161-175 [In Persian]. https://sid.ir/paper/958905/en
2. **Borgheipour, H., Tehrani, G.M., Tehrani, N.A., Lomer, S.N., Esfahani, A.N. and Mohammadfam, I., 2019.** Health Safety and Environmental Hazards of the Chlorination Unit of Combined Cycle Power Plants by Using HAZOP and Bow-Tie Methods. Occupational Hygiene and Health Promotion; 3 (2):134-145 [In Persian]. http://ohhp.ssu.ac.ir/article-1-200-fa.html
3. **Ebadi, M., Khalilipour, O., Dadollahi Sohrab, A., Mohammad Asgari, H. and Khazaei, S.H., 2020.** Environmental Impact assessment of Yard Vali-Asr Jetty using Leopold corrected matrix and RIAM matrix. Journal of Marine Science and Technology, 18(4), pp.1-17.
4. **Ersoy, N., 2021.** Normalization procedures for Cocoso method: a comparative analysis under different scenarios. Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 22(2), pp.217-234.
5. **Hosseini, S.H., 2023.** Investigating the environmental impacts of combined cycle power plants. The 7th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology papers [In Persian].
6. **Hosseinian, H. and Nazari, M., 2017.** Environmental impact assessment of gas power plants, including Shahid Mofateh Hamedan, and its lack of localization within the region in Iran. National Conference on the Vision 1420 and Technological Advances in Electrical Engineering, Computers, and Information Technology [In Persian].
7. **Karyab, H., Ghanbari, R., Ranjbaran, M. and Taherkhani, A.M., 2020.** Designing a tool to identify and prioritize the effects of construction and operation phases of combined cycle power plants on physical health. Iranian Journal of Health and Environment.13(3):385-408[In Persian].
8. **Khalili, S., Tavakolinia, J., Mobarghei Dinan, N. and Soltaninejad, H., 2021.** Environmental Impact Assessment of Large Commercial Complexes in Metropolises Using RIAM and EMP, Case Study of Arg Commercial Center. Motaleate Shahri, 10(39), 99-112[In Persian].
9. **Kolios, A.J., Umofia, A. and Shafiee, M., 2017.** Failure mode and effects analysis using a fuzzy-TOPSIS method: a case study of subsea control module. International Journal of Multicriteria Decision Making, 7(1),29-53.
10. **Krejcie, R.V. and Morgan, D.W., 1970.** Determining sample size for research activities. Educational and psychological measurement, 30(3), 607-610.
11. **Malakutian, M. and Ghasemi Dehbakari, M., 2019.** Investigating the environmental effects of Shubad Kahnuj Combined Cycle Power Plant, Journal of Contemporary Research in Science and Research, 2(20), 65-77[In Persian].
12. **Mohammad Hosseini, N., Robati, M. and Amidpour, M., 2019.** Environmental impact assessment of renewable power plants (solar-wind): a case study of Salafchegan special economic zone. Environmental Sciences, 17(4), pp.193-212 [In Persian].
13. **Mohebali, S., Maghsoudy, S. and Doulati Ardejani, F., 2020.** Inefficiencies of Traditional Environmental Impact Assessment Methods and Introducing Data Envelopment Analysis as a New Approach for EIA Based on Sustainable Development. Journal of Analytical and Numerical Methods in Mining Engineering, 10(24), pp.87-104.
14. **Motahari, A., Dana, T., Kargari, N., Monavari, S.M. and Fard, N.J.H., 2024.** Integrating life cycle assessment and health risk assessment of direct and indirect exposure (case study: A combined cycle power plant). Journal of Cleaner Production, 436, 140342.
15. **Mousavi, S., Sotoude, A. and Azamizadeh, H., 2017.** Environmental risk assessment of Yazd combined cycle power plant by William

Fine method. The 4th Conference on Environmental Planning and Management, Tehran. [In Persian].

16. **Nakhaeinejad, M. and Safari, M., 2019.** Identification and ranking of technology risks in the field of natural gas energy distribution by the integrative approach of FMEA and TOPSIS The Case of Chaharmahal and Bakhtiari Province Gas Company. Research in Production and Operations Management, 10(2),143-159[In Persian].
17. **Pastakia, C.M. and Jensen, A., 1998.** The rapid impact assessment matrix (Riam) For EIA. Environ Impact Assessment Review. 18(5), 461-482.
18. **Pyramoon Consulting Co., 2016.** Environmental assessment of Qeshm combined cycle power plant [In Persian].
19. **Resen, E.J., Razzaq, M.S.A. and Abbood, H.Q., 2023.** Environmental Impact Assessment for Industrial Organizations using Rapid Impact Assessment Matrix. Ecological Engineering and Environmental Technology 24(2): 94-108.
20. **Shirali, G.A., Askaripoor, T., Kazemi, E., Azad, E.Z. and Marzban, M., 2014.** Assessment and risks ranking in a combined cycle power plant using degree of Belief approach in fuzzy logic. Iran occupational health, 11(5):20-29 [In Persian]. http://ioh.iums.ac.ir/article-1-1159-fa.html
21. **Strezov, V. and Cho, H.H., 2020.** Environmental impact assessment from direct emissions of Australian thermal power generation technologies. Journal of Cleaner Production, 270, 122515.
22. **Tenney, A., Kværner, J. and Gjerstad, K.I., 2006.** Uncertainty in environmental impact assessment predictions: the need for better communication and more transparency. Impact Assessment and Project Appraisal, 24(1),45-56.
23. **Torab, S. and Dashti, S., 2022.** Risk Assessment of Health Safety and Environmental of Samangan Combined Cycle Power Plant using FMEA&SAW Integrated Model. Iranian Dam and Hydroelectric Powerplant; 8(31):16-28 [In Persian]. http://journal.hydropower.org.ir/article-1-461-fa.html
24. **Wood, C., Dipper, B. and Jones, C., 2000.** Auditing the assessment of the environmental impacts of planning projects. Journal of Environmental Planning and Management; 43(1): 23-47. https://doi.org/10.1080/09640560010757
25. **Yazdani, M., Zarate, P., Kazimieras Zavadskas, E. and Turskis, Z., 2019.** A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. Management decision, 57(9), 2501-2519
26. **Yu, J., Ding, H., Yu, Y., Wu, S., Zeng, Q. and Xu, Y., 2024.** Risk assessment of liquefied natural gas storage tank leakage using failure mode and effects analysis with Fermatean fuzzy sets and CoCoSo method. Applied Soft Computing, 154, 111334.

2026, The Author(s). Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Environment & Interdisciplinary Development
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

Environmental Impact Analysis of a Combined Cycle Power Plant in Southern Iran Using RIAM and COCOSO Methods

Arash Shirzadi[1], Sahar Rezaian[*2], Mohsen Dehghani Ghanatghestani[3], Seyed Ali Jozi[4], Saber Ghasemi[5]

1- Department of Environment, BA.C., Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran
2*- Department of Environment, Sha. C., Islamic Azad University, Shahrood, Iran
3- Department of Environmental Sciences and Engineering, BA.C., Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran
4- Department of Environment, NT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran
5 -Environmental Marine Research Center, Environmental Department, BA.C., Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

Original Article

Received: 2025.05.17

Accepted: 2025.07.10

Keywords: EIA, CoCoSo Technique, Shannon Entropy, Combined Cycle Power Plant, RIAM

Abstract

Introduction: The increasing energy demand has led to the development of large energy-related industries such as oil and gas and power plants. The combined cycle power plant is one of the most efficient, flexible and cost-effective industrial projects for electricity generation that is currently being built and operated in many parts of the world, including Iran. Combined cycle power plants, despite their high energy efficiency, are considered one of the considerable environmentally damaging facilities due to the production of various types of waste, air and water pollution. This has led to the need for comprehensive management of sustainable environmental development. One of the most important considerations for achieving sustainable development is to reduce the adverse environmental impacts of electricity generation. Environmental impact assessment is a process that evaluates the effects of human activities on the environment. The EIA goal is to maintain sustainable development to ensure the protection of the ecosystem and human well-being. In recent years, many studies have been conducted on environmental impact assessment of power plants, including combined cycle power plants. This paper aims to assess the actual environmental impacts caused by activities of the Ghadir Combined cycle power plant using the RIAM method and rank them by the Shannon Entropy and CoCoSo techniques. It has also been attempted to verify the accuracy of the predicted impacts by comparing the results of the impact assessment of the power plant that is currently in operation with the results of the environmental impact assessment report that was conducted in 2016.

Materials and Methods: The environmental impacts resulting from the power plant activities were identified based on the current conditions of the study area, reviewing the documents, and the opinions of experts related to

* Corresponding Author's email: srezayan@iau.ac.ir

the research topic. Subsequently, the assessment process was carried out using the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) method for the identified real impacts. Then, the CoCoSo method was used to prioritize the real environmental impacts of the Ghadir Combined Cycle Power Plant.

Results: The results showed that the effect of industrial and sanitary waste disposal on aquatic life with a score of 16, the effect of emission of contaminating gases on the personnel health with a score of 15.9, and the effect of the disposal of industrial and sanitary effluent on the water habitat with a score of 14.4 are the most important. Finally, considering the identified effects and the type of power plant activities, an environmental monitoring program as well as corrective and control measures were presented to reduce environmental impacts.

Discussion: This study was conducted to identify and assess the actual environmental impacts of a combined cycle power plant. The results show that the most significant impact is related to water pollution due to the discharge of power plant wastewater into the environment. The most important factors affecting water pollution are related to the use of chemicals and extensive water consumption in steam and cooling units, which lead to the pollution of surface water resources. Therefore, a proposed program has been presented to monitor the parameters affecting the quality of the environment within the power plant. Previous studies have indicated that the most important environmental impacts resulting from the implementation of power plant projects are water pollution and emission of combustion gases, which from this perspective is consistent with the results of the present study.