محیط شناسی، سال سی و هفتم، شمارهٔ ۵۸ ، تابستان ۹۰ صفحهٔ ۵۳-۶۶

# تجزیه وتحلیل ریسک‌های محیط زیستی نیروگاه گازی آبادان با استفاده از روش TOPSIS

سیدعلی جوزی[1]*، شبنم صفاریان[2]

۱-استادیار گروه محیط زیست، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه آزاداسلامی واحد تهران شمال

۲- کارشناسی ارشد علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز sabasaffarian@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۳ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۳

## چکیده

مطالعهٔ حاضر با هدف شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها و آثار ناشی از نیروگاه گازی آبادان به انجام رسید. با تکمیل ۹۹ پرسشنامهٔ خبرگان و کارشناسان صنعت برق انواع ریسک‌ها، در فاز بهره‌برداری نیروگاه گازی آبادان شناسایی گردید. در ادامه برای اولویت‌بندی ریسک‌های واحد نیروگاه گازی آبادان از روش TOPSIS که از جمله روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) است بهره‌گیری شد. این روش به دلیل به‌کارگیری مستقیم استنباطات ذهنی متخصصان در مدل و دستیابی به نتایج عینی‌تر در تجزیه وتحلیل و رتبه بندی ریسک‌ها استفاده شد. وزن نسبی معیارها در سومین گام استقرار این روش از تکنیک آنتروپی شانون و تکنیک بردار ویژه به دست آمد. بعد از اولویت‌بندی ریسک‌های هر واحد به طور جداگانه با بهره‌گیری از روش مذکور، با استفاده از آزمون آماری، تجزیه‌وتحلیل واریانس یکطرفه، مهم‌ترین اولویت‌های ریسک نیروگاه گازی آبادان تعیین شد. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که ریسک‌های راه اندازی واحد با سوخت گاز با وزن۰/۸۰۷، مخازن سوخت با وزن ۰/۷۹۸، تحویل سوخت گاز با وزن۰/۶۳۰در واحدبهره برداری و کار بر روی کلاچ سوخت مایع با وزن ۰/۶۰۳ و تعویض فیلترهای گاز در واحد مکانیک از مهم‌ترین ریسک‌های محیط زیستی نیروگاه گازی آبادان شناخته می‌شود. راهکارهایی برای کنترل و کاهش ریسک‌های شناسایی شده ارائه شد، از جمله این راهکارها استفاده از تجهیزات حفاظت کننده و قطع کننده جریان برق و نیز بازدیدهای دوره‌ای و تعمیرات پیشگیرانه نسبت به ریسک آتش سوزی و انفجار نیروگاه است.

## کلید واژه

ارزیابی ریسک محیط زیستی، روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره، تکنیک TOPSIS، نیروگاه گازی آبادان

## سرآغاز

وقوع انقلاب صنعتی اوّل تا چهارم در کنار فراهم آوردن آسایش و رفاه نسبی برای نسل بشریت پیام دیگری نیز به همراه داشت، با این تعریف که معرفی انرژی‌های نو هر چند می‌تواند در بعضی از عرصه‌ها آسایش و رفاه به ارمغان بیاورد ولی از جهات دیگر ممکن است با معرفی خطرهای جدیدتر و به خطر انداختن عناصر متعدد محیطزیستی حتی ماهیت وجودی انسان را به صورت تهدیدی جدی به مخاطره افکند (محمدفام، ۱۳۸۷).

آلودگی زیست محیطی، محصول فرعی و ناخواستهٔ فعالیت‌های صنعتی مختلف است که باعث شده محیط زیست هر چه بیشتر در معرض تهدید قرارگیرد (شانه، ۱۳۸۷).امروزه بحران‌های زیست محیطی، حرکت به سوی توسعهٔ پایدار، حذف موانع غیر تعرفه‌ای در راه اقتصاد، جلوگیری از اتلاف و هدر رفتن منابع و ایجاد شرایطی در جهت تفاهم در خصوص تعرفه‌ها و مسائل اقتصادی را می‌توان از جمله علل مطرح شدن سیستم‌های مدیریت محیط زیست دانست (طهموریان، ۱۳۸۶). در این دیدگاه، هماهنگی همزمان ارتقائ سطح کیفی، زیست محیطی، ایمنی و بهداشتی، معیار انتخاب خدمات و محصولات در یک جامعه متمدن بشر است (حبیبی،۱۳۸۶). بنابراین مدیریت سازمان بر پایه ایمنی وحفظ محیطزیست و کیفیت را از محورهای اساسی هر سازمان باید تلقی کرده وبا طرح‌ریزی صحیح و درست که خود از شناخت دقیق این سیستم‌ها ناشی می‌شود اقدام به برقراری چنین نظامی کرد (رحمانی،۱۳۸۴) بدون شک انرژی الکتریکی، نقش اساسی در شکل‌گیری و توسعه تمدن بشری داشته است (هوشمند، ۱۳۸۷).

نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۶۱۹۴۶۷۶ E-Mail: sajozi@yahoo.com

از طرفی مصرف مقادیر عظیم آب، انرژی و مواد شیمیایی در فرایندهای مختلف تولید انرژی الکتریکی باعث شده این صنایع ریسک‌های زیست محیطی نامطلوبی به‌همراه داشته باشد. بنابراین شناخت این ریسک‌ها و اتخاذ روشها و سیستم‌های مدیریتی مناسب، نقش مهمی در کاهش پیامدهای نامطلوب آن به همراه خواهد داشت (سعیدی، ۱۳۸۴) .

Cahyani در سال ۲۰۰۳ در مورد راهبردهای مختلف مدیریت ریسک با روش AHP مقاله‌ای منتشر کرد و از طریق انتخاب معیارهای سطوح ریسک، هزینه و اثر بخشی راهبرد مدیریت ریسک، سیاست‌ها و منابع دو نیروگاه حرارتی و آبی را ارزیابی کرد، سپس تجزیه و تحلیل ریسک در دو نیروگاه را به انجام رسانید و در نهایت نیروگاه حرارتی سطوح ریسک بالاتری را به خود اختصاص داده و راهبرد مناسب برای مدیریت هر یک از نیروگاهها با استفاده از AHP انتخاب شد (Cahyani, 2003).

Sahu در سال ۲۰۰۹ مقاله‌ای در مورد آثار بهداشتی انتشار نیروگاههای با سوخت فسیلی ارائه داد و در این مقاله اشاره شده نیروگاههایی که سوخت‌های فسیلی (زغال سنگ) استفاده می‌کنند به دلیل انتشار مقادیر زیادی آلاینده‌های سمی باعث به‌وجود آمدن ریسک‌های زیست محیطی و آسیب‌هایی بر سلامت انسان از طریق انتشار گازهای گلخانه ای وارد می‌کنند (Sahu, 2009).

Kirchsteiger در سال ۲۰۰۷ مقاله‌ای در مورد ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی و ایمنی مربوط به گرفتن کربن وذخیره‌سازی آن از نظر مدیریت ریسک ارائه داد.

در این مقاله با تمرکز بر ریسک‌های در سطح جهانی (تغییرات آب وهوا) گفته شده که موضوع کلیدی نسل‌های سراسر دنیا در آینده، فراوانی منابع فسیلی نیست بلکه موضوع احتمال بالای گرمایش جهانی به علت انتشار گازهای گلخانه‌ای باشد، و راه حل‌های آن جلوگیری از انتشار براساس فناوری‌های پیشرفته در نیروگاهها و دیگر تأسیسات صنعتی؛ کنترل وکاهش تولید گازهای نامطلوب، محدودیت عواقب و جلوگیری از ریسک است (Kirchsteiger, 2007) .

جبل‌عاملی و همکارانش در سال ۱۳۸۶ پژوهشی را به عنوان رتبه‌بندی ریسک پروژه با استفاده از فرایند تصمیم‌گیری چند شاخصه انجام دادند.

در این مطالعه از چهار شاخص احتمال، تأثیر، عدم اطمینان و توانایی به عنوان شاخص‌های رتبه‌بندی ریسک‌ها استفاده شد. در انتها از بین روشهای معرفی شده برای رتبه بندی ریسک‌ها، فقط از روش Topsis در مطالعهٔ موردی استفاده شده بود (جبل عاملی،۱۳۸۶).

نیروگاه گازی آبادان به وسعت تقریبی ۲۱ هکتار که در جنوب غرب ایران و جنوب جلگه خوزستان در۹ کیلومتری جاده آبادان- ماهشهر بین طول‌های شرقی (´۲۱ ،°۴۸) تا (´۵۰ ،°۴۸) و عرض‌های شمالی (´۲۴ ،°۳۰) تا (´۵۸ ،°۳۰) با ظرفیت تولیدی ۴۹۳/۶ مگاوات در منطقه حفاظت شدهٔ شادگان واقع شده است که در این تحقیق به مثابهٔ مطالعهٔ موردی مورد بررسی قرار گرفت.

در این پژوهش واحدهای مختلف نیروگاه نظیر واحد الکتریک، مکانیک، ابزار دقیق، به عنوان محدودهٔ مطالعاتی در نظر گرفته شد و از نظر محیط زیستی مورد بررسی قرارگرفتند.

در شکل شمارهٔ (۱) موقعیت واحدها و جانمایی تجهیزات مختلف محدودهٔ مطالعاتی نمایش داده شده است

## مواد و روشها

### گام اوّل: آزمایش‌های انجام شده در بخش محیط زیستی نیروگاه گازی آبادان

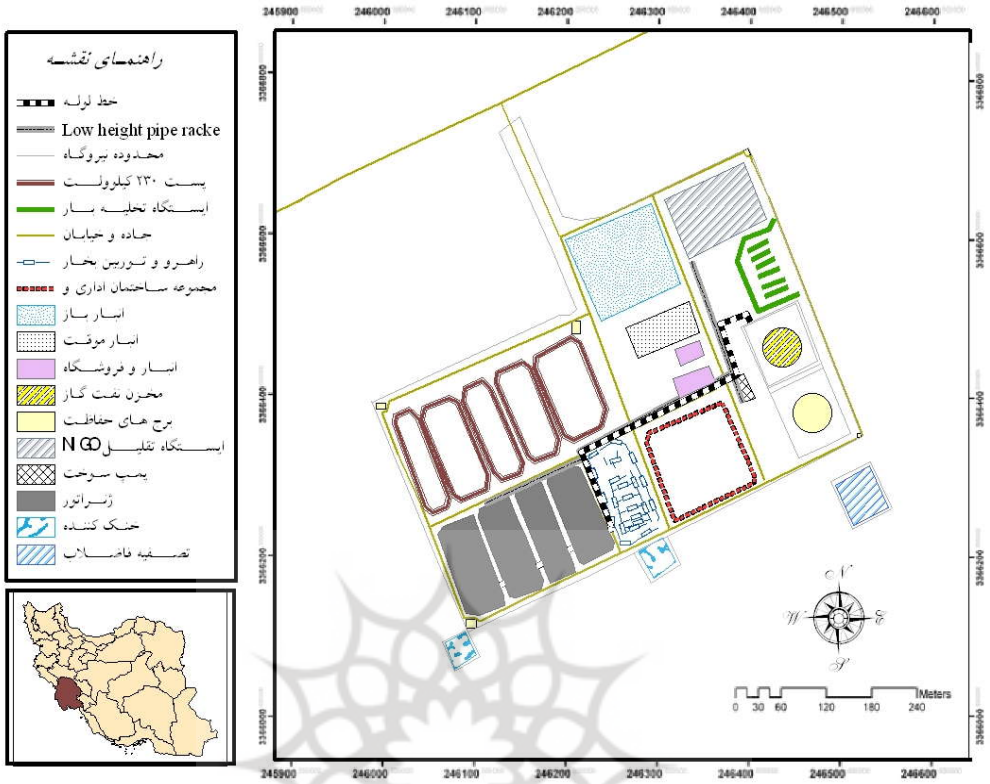
نیروگاه گازی آبادان دارای سوخت مصرفی گاز و گازوئیل است وآلاینده های تولیدی با دودکش‌های نیروگاه به فضا منتشر می‌شوند.

در زمان انجام این پژوهش از دستگاه آنالایزر گاز مدل Testo 350xl ساخت انگلستان که سنسورهایی برای اندازه‌گیری مشخصه‌ها مختلف هوا را دارد، برای اندازه‌گیری ذرات معلق و دیگر مشخصه‌های استاندارد هوای پاک استفاده و آزمایش‌ها به روش موضعی انجام شد.

شایان ذکر است که با توجه به استاندارد محیط زیستی، نمونه‌برداری‌ها برای آزمایش آلاینده های هوا از۲/۳ ارتفاع دودکش‌ها انجام گرفت.

در جداول شمارهٔ (۱، ۲، ۳) موقعیت و نوع آلاینده‌های نیروگاه گازی آبادان نمونه‌برداری و بررسی و در قالب جدول ارائه شده است.

به منظور تجزیه وتحلیل نتایج به دست آمده از سنجش آلاینده‌های درون نیروگاهی از شاخص‌های آمار توصیفی (حداقل ، حداکثر، میانگین، واریانس، انحراف از معیار، انحراف از میانگین ) و آزمون آماری میانگین‌ها برای مقایسه با استانداردها استفاده شد.




**شکل شمارهٔ (۱): موقعیت واحدها و تجهیزات مختلف نیروگاه گازی آبادان**

**جدول شمارهٔ (۱): موقعیت نمونه‌برداری، نوع و میزان آلاینده‌ها برای تجزیه‌وتحلیل آلاینده‌های خروجی از دودکش‌های نیروگاه گازی آبادان**

| ردیف | واحد | نوع سوخت | واحد میکروگرم بر متر مکعب | | | | | | | $C^0$ | | % | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $CO_2$ | $NO_x$ | NO | $NO_2$ | $SO_2$ | CO | $H_2S$ | T-Gas | T-Amb | $O_2$ | $C_xH_y$ |
| ۱ | واحد ۱ | گاز | ۳/۴۴ | ۱۷۹/۵ | ۱۷۹/۵ | ۰ | ۶/۲ | ۴/۵ | ۰ | ۵۳۰ | ۴۰ | ۱۰/۸ | ۵۳۸/۸ |
| ۲ | واحد ۲ | گاز | ۳/۴۸ | ۱۷۹/۹ | ۱۷۶/۶ | ۰ | ۴/۵ | ۰ | ۰ | ۵۳۳ | ۳۹ | ۱۳/۵ | ۵۴۹/۴ |
| ۳ | واحد ۳ | گاز | ۳/۵۱ | ۱۷۵/۴ | ۱۷۵/۴ | ۰ | ۴/۳ | ۱/۷ | ۰ | ۵۴۰ | ۳۸ | ۱۳/۱ | ۵۱۴/۹ |
| ۴ | واحد ۴ | گاز | ۳/۳۶ | ۱۶۴ | ۱۶۴ | ۰ | ۴/۸ | ۶۸ | ۰ | ۵۲۷ | ۳۹ | ۱۳/۵ | ۴۱۴/۵ |
| ۵ | واحد ۱ | گازوئیل | ۵/۲ | ۲۰۵/۳ | ۲۰۵/۳ | ۰ | ۱۰۶/۱ | ۱۴/۴ | ۰ | ۵۴۱ | ۲۱ | ۱۵/۱ | ۰/۱۸ |
| ۶ | واحد ۲ | گازوئیل | واحد ۲ در مدار تولید نبود | | | | | | | | | | |
| ۷ | واحد ۳ | گازوئیل | ۵/۴۷ | ۲۳۱/۶ | ۲۳۱/۶ | ۰ | ۱۱۷/۳ | ۰ | ۰ | ۴/۲۷ | ۲۱ | ۱۴/۵ | ۰/۵۱ |
| ۸ | واحد ۴ | گازوئیل | ۵/۳۸ | ۱۹۱/۳ | ۱۹۱/۳ | ۰ | ۹۹/۲ | ۰ | ۰ | ۵۶۳ | ۲۳ | ۱۴/۶ | ۰/۶۷ |

**جدول شمارهٔ (۲): موقعیت نمونه برداری، نوع ومیزان استاندارد هوای پاک**

| ردیف | ایستگاه | واحد PPM | | | | $\mu gr/m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $o_3$ | $CO$ | $SO_2$ | $NO$ | مواد معلق |
| ۱ | در ورودی | ۰/۰۳ | ۱/۲ | ۰ | ۰/۹ | ۱۸۹ |
| ۲ | جایگاه سوخت | ۰/۰۴ | ۰/۵ | ۰/۱ | ۰/۸ | ۹۴ |
| ۳ | جنب سایت اداری | ۰/۰۳ | ۰/۴ | ۰/۱ | ۰/۵ | ۷۶ |
| ۴ | جنب پست | ۰/۰۲ | ۰/۲ | ۰ | ۰/۳ | ۱۱۱ |
| ۵ | روبه‌روی تعمیرات | ۰/۰۴ | ۰/۸ | ۰/۱ | ۰/۶ | ۱۲۲ |

**جدول شمارهٔ (۳): موقعیت نمونه‌برداری، نوع ومیزان اندازه‌گیری آلودگی صدا**

| ردیف | ایستگاه | Leq (30 min) میزان dB(A) در وضعیت روز | استاندارد dB(A) در وضعیت روز منطقه صنعتی |
|---|---|---|---|
| ۱ | درب ورودی | ۵۶/۹ | ۷۵ |
| ۲ | جایگاه سوخت | ۶۶/۶ | |
| ۳ | جنب سایت اداری | ۶۴ | |
| ۴ | جنب پست | ۶۲/۳ | |

برای بررسی آلودگی صوتی محیط نیروگاه گازی آبادان، در ۴ ایستگاه نیروگاه، از دستگاه صداسنج Cell440 ساخت Casllacell انگلستان و استاندارد IEC651.1979 استفاده شد و با روش آزمون آماری میانگین‌های جامعه با کمک نرم افزار SPSS، وضعیت آلودگی صوتی نیروگاه ارزیابی شد.

به منظور شناسایی پسماندها و مواد زاید خطرناک نیروگاه از همه واحدهای مورد مطالعه بازدید و منابع و کیفیت پسماندهای تولیدی شناسایی شد و پس از تجزیه‌وتحلیل و بررسی، تعیین زواید خطرناک و غیرخطرناک بر اساس فهرست یونپ UNEP تعیین شد.

- **گام دوم: شناسایی و اولویت‌بندی عوامل ریسک نیروگاه گازی آبادان در فاز بهره‌برداری**

به منظورانجام این تحقیق، در گام دوم برای درک کامل مفاهیم، شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های مسئله تحقیق، مصاحبه‌های آزاد و هدایت‌شونده‌ای با کارشناسان، مدیران و نیز خبرگان واحدهای مختلف نیروگاه به‌عمل آمد که با توجه به کتاب‌شناسی تحقیق و بررسی وضعیت موجود نیروگاه، ۹۵معیار و شاخص مهم ارزیابی ریسک (محیط زیستی) از میان ۹ واحد (ابزار دقیق، بهره‌برداری، مکانیک...) نیروگاه گازی آبادان شناسایی شد. سپس با بهره‌گیری از پرسشنامه‌های دلفی و انجام آزمون فرض نسبت‌ها در سطح ۰/۰۵ ، معیارهای ریسک به ۸۰ مورد تقلیل یافت. پس از شناسایی مهم‌ترین معیارها، توسط گروه تحقیق (کارکنان هر واحد نیروگاه) پرسشنامهٔTOPSIS را تکمیل کرد و با بهره‌گیری ازمقیاس دوقطبی فاصله‌ای این پرسشنامه‌های کیفی به کمی تبدیل و ماتریس تصمیم‌گیری برای هر واحد تشکیل شد.

در مرحلهٔ بعدی با تهیه ۶ گام ریسک‌های شناسایی شده هر واحد، اولویت‌بندی شد. در نهایت با انجام تجزیه‌وتحلیل واریانس یک طرفه با بهره‌گیری از نرم افزار SPSS مهم‌ترین واحد نیروگاه از لحاظ شاخص محیط زیستی تعیین شدو بدین ترتیب مهم‌ترین عوامل ریسک در کل نیروگاه مشخص شد. در ادامه، روشهای مورد استفاده در پژوهش تشریح می‌شود. جامعهٔ آماری این تحقیق، مدیران، سرپرستان و کارکنان هر واحد نیروگاه بودند.

نیروگاه مذکور در مجموع دارای ۲۰۰ نفرکارمند است. با توجه به این‌که در مرحلهٔ شناسایی ریسک‌ها از تکمیل پرسشنامه‌های خبرگان به روش دلفی استفاده شد و این پرسشنامه‌ها با آزمون فرض نسبت‌ها تجزیه وتحلیل شدند و با توجه به وجود شرط بیش از ۳۰ نمونه برای استفاده از این آزمون آماری، حجم جامعهٔ آماری مخاطب (گروه دلفی) از رابطهٔ زیر و با درنظر گرفتن شرط آماری برابر ۹۹ پرسشنامه محاسبه شد:

$$n \geq \left[ \sum z_1 - (\frac{x}{2}) \Big/ e \right]$$

رابطهٔ(۱)

در این رابطه : n = حجم نمونه انتخابی X= ضریب اطمینان $Z_1$= جمعیت پایه e= میزان خطا

n = حجم نمونهٔ انتخابی X= ٪۹۵ $Z_1$= ۲۰۰ e= ۰/۱

در این مقاله رویکـرد جدیـدی بـرای تعیـین تعـداد پرسـشنامهٔ TOPSIS ارائـه شـد. بـدین منظـور در واحـدهایی از نیروگـاه کـه، محاسبهٔ وزن با تکنیک بردار ویژه صورت گرفت، به تعداد معیارهای موجود در آن واحد نیروگاهی، پرسشنامه توزیع شد. در رابطه با دیگر واحدها، فرمول زیر مورد استفاده قرار گرفت که در نتیجهٔ توزیـع ۲۲ پرسشنامه را به دنبال داشت.

رابطهٔ (۲) $n = \frac{z^2 pq}{d^2}$ , q=1-p

در این رابطه : n= حجم نمونهٔ انتخابی p= احتمال موفقیت z= ضریب اطمینان d= درصد خطا

n= حجم نمونهٔ انتخابی ۰/۰۵ =p ٪۹۵ =z ۰/۰۱ =d

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد به منظور محاسبه اولویت بندی ریسک‌ها به روش TOPSIS طی گام‌های زیراقدام شد:

**۱**- ماتریس تصمیم‌گیری با کمک نرم اقلیدسی به ماتریس بی‌مقیاس شده، تبدیل شد.

$$r_{ij} = \frac{r_{ij}}{\left(\sum_{i=1}^{m} r_{ij}^2\right)^{\frac{1}{2}}} \quad , \quad (j=1,...,n)$$

رابطهٔ (۳):

**۲**- ماتریس بی‌مقیاس موزون به دست آمد.

رابطه (۴): $V = N_D * W_{n*n}$

که در آن، مـاتریس بـی مقیـاس مـوزون و W مـاتریس قطـری از وزن‌های به دست آمده برای شاخص‌هاست. در این پژوهش W ها با دو روش تکنیک بردار ویژه و آنتروپی محاسـبه شـد. تکنیـک بـردار ویژه با استفاده از نرم افزار MATLAB و تکنیـک آنتروپـی توسـط نرم‌افزار Excel انجام شد.برای ضرب ND در مـاتریس قطـری W نیزاز نرم افزار MATLAB استفاده شد. بنابراین در روش بردار ویژه برای محاسبهٔ W ها طبق مراحل زیر عمل شد:

۱- تشکیل ماتریس A

۲- مشخص کردن ماتریس (A- λ.I)

۳- محاسبه دترمینان ماتریس (A- λ.I)

۴- دترمینان ماتریس (A- λ.I) را مـساوی صـفر قـرار داده و λ محاسبه می‌شود.

۵- بزرگتـــرین λ را λ max نامیـــده و آن را در رابطـــــــه (A- λmax.I)× W= 0 قرار داده به شرط ε W=۱ و با استفاده از این رابطـه مقـادیر Wi هـا محاسـبه مـی‌شـود Nikoomaram, (2009) و برای به دست آوردن اوزان شاخص‌ها با تکنیک آنتروپی، گام‌های زیر طی شد (ChangHung,2009)، (Sachdeva,2009) (Srdjevic,2004).

**گام ۱**- محاسبهٔ $P_{ij}$

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}} \quad ;\forall_{i,j}$$

**گام ۲**- محاسبهٔ مقدار آنتروپی $E_j$

$$E_j = -k\sum_{i=1}^{m}\left[p_{ij}\ln p_{ij}\right] \quad ; \quad \forall_j$$

**گام ۳**- محاسبهٔ مقدار عدم اطمینان $d_j$

$$d_j = 1 - E_j \quad ; \quad \forall_j$$

**گام ۴**- محاسبهٔ اوزان $w_j$

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} \quad ; \quad \forall_j$$

**گام ۵**- محاسبهٔ اوزان تعدیل شده $w_j'$

$$w_j' = \frac{\lambda_j w_j}{\sum_{j=1}^{n}\lambda_j w_j} \quad ; \quad \forall_j$$

**۳**- راه‌حل ایده‌آل مثبت $(A_i^+)$ و راه‌حل ایده‌آل منفی $(A_i^-)$ مشخص شد.

$$A^+ = \left\{\left(\max_i V_{ij} \mid j\in J_1\right), \left(\min_i V_{ij} \mid j\in J_2\right) \mid i=1,2,...,n\right\}$$

$$A^- = \left\{\left(\min_i V_{ij} \mid j\in J_1\right), \left(\max_i V_{ij} \mid j\in J_2\right) \mid i=1,2,...,m\right\}$$

**۴**- اندازه فاصله بر اساس نرم اقلیدسی به ازاء راه‌حل ایده‌آل منفی و گزینه مثبت و همین اندازه به ازای راه‌حل ایده‌آل مثبت و گزینه منفی به صورت زیر بدست آمد:

$$d_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^+)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad , \quad (i = 1,2,...,m)$$

$$d_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^-)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad , \quad (i = 1,2,...,m)$$

**۵**- نزدیکی نسبی $A_i$ به راه‌حل ایده‌ال به صورت زیر محاسبه شد. رابطه (۵ ):

$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)} \quad , \quad (i = 1,2,...,n)$$

**۶**- رتبه‌بندی گزینه‌ها در این مرحله انجام شد و بر اساس ترتیب نزولی $C_i$ می‌توان گزینه‌های موجود را بر اساس بیشترین اهمیت رتبه‌بندی کرد (Dağdeviren, 2009) (Opricovic, 2004) (Dodangeh, 2010) (Onut, 2008) (Mahmoodzadeh, 2007).

## نتایج

### نتایج آزمایش‌های محیط زیستی نیروگاه گازی آبادان

انتشار هوا در نیروگاهها وابسته به تکنولوژی مورد استفاده برای تولید برق و کیفیت سوخت است (Athanasios,2008). نتایج آزمایش‌های انجام داده بر روی آلاینده‌های هوای نیروگاه گازی آبادان، تجزیه‌وتحلیل‌های آمارتوصیفی و آزمون آماری میانگین‌ها برای مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست طبق جداول ذیل حاکی از این است که:

– دی اکسید کربن($CO_2$) : میانگین$CO_2$ در آزمایش‌ها مربوطه برابر ۴/۲۶ میکروگرم بر متر مکعب است. بیشترین وکمترین مقدار آن به ترتیب برابر ۵/۴۷ و۳/۳۶متعلق به دودکش واحد ۴ با سوخت گاز ودودکش واحد ۱ با سوخت مایع (گازوئیل) در حالت تولید است.

– منوکسیدکربن (CO): میانگین CO در سنجش‌های صورت گرفته برابر با ۱۲/۶۵ میکرو گرم بر مترمکعب است. بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب برابر ۶۸ و۰ متعلق به دودکش واحد ۴ با سوخت گاز ودودکش واحد ۴ با سوخت گازوئیل در حالت تولید است. میانگین میزان منواکسید کربن از خروجی واحدهای ۱،۲،۳و ۴ نیروگاه از استاندارد کمتر است.

– منواکسیدنیتروژن (NO): نتایج آزمایش‌ها میانگینی برابر ۱۸۹/۱را نشان می‌دهد. بیشترین وکمترین مقدار آن به ترتیب ۲۳۱و۱۶۴ متعلق به دودکش اگزوز واحد ۴ با سوخت گازی ودودکش واحد ۳ با سوخت گازوئیل است.

– اکسیدهای ازت ($NO_X$): میانگین اکسیدها برابر ۱۸۹/۵۷۱، بیشترین وکمترین مقدار آن به ترتیب برابر ۲۳۱و۱۶۴ متعلق به دودکش اگزوز واحد ۴ با سوخت گازی ودودکش واحد ۳ با سوخت گازوئیل است.

میانگین میزان اکسیدهای ازت از خروجی واحدهای ۱،۲،۳و۴ نیروگاه از استاندارد کمتر است.

– دی اکسید گوگرد $SO_2$ در نتایج آزمایش‌ها میانگین $SO_2$ برابر۴۸/۹۸۳ است.

کمترین مقدار آن برابر ۴/۳۰ و بیشترین مقدار آن برابر ۱۱۷/۳۰ و متعلق به واحد ۳ در دو حالت گاز سوز و گازوئیلی است.

میانگین میزان اکسیدهای ازت از خروجی واحدهای ۱،۲،۳و۴نیروگاه از استاندارد کمتر است.

– $C_x$ $H_y$ : نتایج آزمایش‌ها میانگینی برابر ۲۸۸.۴۲۲ را نشان می‌دهد. بیشترین وکمترین مقدار آن به ترتیب برابر ۵۴۹/۴۰ و ۰/۱۸ متعلق به دودکش واحد ۱ با سوخت گازوئیل و دودکش واحد۲ با سوخت گاز در حالت تولید است.

-T-Gas : میانگین کل دمای هوای خروجی از دودکش ۴ واحد نیروگاه در آزمایش‌ها برابر ۵۲۳ درجه است، کمترین وبیشترین مقدار آن به ترتیب برابر ۴۲۷و۵۶۳ متعلق به واحد های ۳و۴ با سوخت گازوئیل است.

-$O_2$ : میانگین اکسیژن در آزمایش‌ها برابر ۱۳/۵۸۵، کمترین وبیشترین مقدار آن به ترتیب برابر۱۰/۸۰و۱۵/۱۰است که بیشترین مقدار متعلق به واحد ۱ با سوخت گازوئیل و کمترین مقدار متعلق به واحد ۱ با سوخت گاز است.

- $H_2S,NO_2$ : میانگین کل $H_2S,NO_2$ در آزمایش‌ها برابر ۰ است.

میزان $H_2S,NO_2$ در تمام موارد و محدودها صفر بوده است. شایان ذکر است، به علت زیاد بودن نتایج آزمایش‌های نیروگاه، در

اینجا فقط به آوردن چند مورد اکتفا شد. نتایج ارزیابی صدای محیط نیروگاه گازی آبادان که در ۴ ایستگاه از نیروگاه صورت گرفت و مقایسهٔ آن با استاندارد آلودگی صوتی محیطهای صنعتی که ۷۵dB است، نشان داد که در تمام ایستگاهها میزان صدا کمتر از حد مجاز است.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها مواد زاید تولیدی حاکی از آن است که ۱۹ نوع ماده شناسایی شده که از میان مواد شناسایی شده،۱۰ مورد آنها غیرخطرناک و۹ مورد آنها در طبقه مواد خطرناک جای دارد. خطرناک بودن این مواد بر اساس فهرست یونپ (UNEP) ، RCRA، و یا دارا بودن یکی از چهار خصوصیت سمی‌بودن، اشتعال پذیری، خوردگی و میل ترکیبی شدید تعیین شد.

**جدول شمارهٔ (۴): آمار توصیفی آلا ینده‌های اتمفسری در ایستگاههای مختلف نیروگاه گازی آبادان**

| نام مشخصه | تعداد | حداقل | حداکثر | میانگین | انحراف از میانگین | انحراف از معیار |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $CO_2$ | ۷ | ۳/۳۶ | ۵/۴۷ | ۴/۲۶۲ | ۰/۳۸۵ | ۱/۰۲۱ |
| $NO_X$ | ۷ | ۱۶۴ | ۲۳۱/۶۰ | ۱۸۹/۵۷۱ | ۸/۵۴۴ | ۲۲/۶۰۷ |
| NO | ۷ | ۱۶۴ | ۲۳۱/۶۰ | ۱۸۹/۱۰۰ | ۸/۶۴ | ۲۲/۸۷ |
| $SO_2$ | ۷ | ۴/۳۰ | ۱۱۷/۳۰ | ۴۸/۹۴۳ | ۲۰/۸۲۱ | ۵۵/۰۸۹ |
| CO | ۷ | ۰ | ۶۸ | ۱۲/۶۵۷ | ۹/۴۲۷ | ۲۴/۹۴۳ |
| T-Gas | ۷ | ۴۲۷ | ۵۶۳ | ۵۲۳ | ۱۶/۶۱۴ | ۴۳/۹۵۸ |
| $O_2$ | ۷ | ۱۰/۸۰ | ۱۵/۱۰ | ۱۳/۵۸۵ | ۰/۵۳۸ | ۱/۲۴۲ |
| $C_x H_y$ | ۷ | ۰/۱۸ | ۵۴۹/۴۰ | ۲۸۸/۴۲۲ | ۱۰۳/۱۳۷ | ۲۷۲/۸۷۵ |

**جدول شمارهٔ (۵):مقایسه با استاندارد آلاینده $NO_X$**

| متغیر | مقدار استاندارد=۳۵۰ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | آماره | درجهٔ ازادی | سطح معنی داری | اختلاف میانگین | فاصله اطمینان۹۵ | |
| | | | | | حد بالا | حد پایین |
| $NO_X$ | -۱۸/۷۷۵ | ۶ | ۰ | -۱۶۰/۴۲ | -۱۸۱/۳۳ | -۱۳۹/۵۲۰ |

## شناسایی و اولویت بندی عوامل ریسک نیروگاه گازی آبادان در فاز بهره برداری

بررسی آماری آزمون فرض نسبت‌ها به منظور تعیین معیارهای نهایی نشان داد که تمیزکاری تجهیزات با اسپری،تعویض کابل‌های فشار قوی و ضعیف، سرویس‌کاری دیزل ژنراتور، روشنایی اگزوز فن، سرویس مخزن روغن، کار بر روی تابلو LV و سرویس اگزاست فن‌های سقفی در واحد الکتریک ومعیارهای کار بر روی فن Oil mist ، کار بر روی جت‌های هوای پالس کلینیک، رفع نشتی گازوئیل از ولو VR4 و VC3، تخلیهٔ مخزن Sump tank در واحد مکانیک وعملیات شیفت، جابه‌جایی کپسول‌های خالی، خنک کاری قین فن و به صدا دراوردن آژیر در واحد آتش نشانی، به دلیل آن‌که مقدار محاسبه شده ازتجزیه و تحلیل آزمون فرض نسبت‌ها برای معیارهای ذکر شده از ۱/۹۶ کمتر بودند، در سطح ۰/۰۵ دلیل کافی برای رد فرض صفر وجود ندارد.

در نتیجه این ادعا که ۵۰ درصد از کارشناسان موافق معیار مورد نظرند رد شد. نتایج شناسایی معیارها با روش دلفی درشکل شمارهٔ (۲) نشان داده شده است.

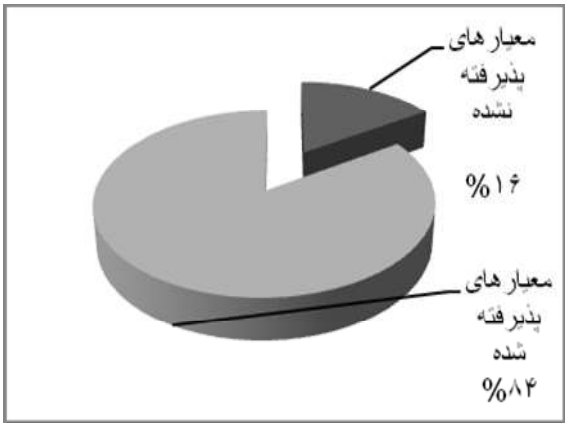
برای نمونه، تمیزکاری تجهیزات با اسپری، در واحد الکتریک به دلیل آن‌که مقدار محاسبه شده از فرمول ۶ برابر ۱/۴۱ است بنابراین به دلیل ۱/۹۶≥۱/۴۱ این ادعا که ۵۰ درصد از کارشناسان موافق معیار مورد نظرند رد شد.

رابطه(۶)

$$z = \frac{p - p_0}{\sqrt{p_0 q_0 / n}}$$

که در این رابطه: n = تعدادنمونه p= نسبت نمونه

$P_0$= ادعای مطرح شده q=1-p




**شکل شمارهٔ (۲):نتایج نهایی شناسایی معیارها**

سپس برای اولویت‌بندی (تحلیل) عوامل ریسک از الگوریتم TOPSIS استفاده شد. جدول شمارهٔ (۶) رتبه بندی ریسک‌های واحدهای بهره‌برداری را با استفاده از روش TOPSIS نشان می‌دهند (شایان ذکر است، به علت حجم بالای نتایج به‌دست آمده، در اینجا فقط به آوردن یک مورد اکتفا شد).

نتیجه این تحلیل‌ها برای واحدهای مختلف نشان داد که مهم‌ترین ریسک‌های هر واحد به ترتیب عبارتند از

در واحد الکتریک: بازدید از ترانس‌ها،

در واحد اداری: کار با رایانه،

در واحد درمانگاه : تزریقات،

در واحد آتش‌نشانی: شتوشوی فین فن واحدها ،

در واحد پست : بازدید از تجهیزات پست،

در واحد خدمات: تهیه وتوزیع غذا،

در واحد انبار: تحویل سوخت،

در واحد بهره‌برداری: راه‌اندازی واحد با سوخت گاز،

در واحد مکانیک: کار بر روی کلاچ سوخت مایع،

در واحد ابزار دقیق : تمیزکاری وسرویس‌کاری تجهیزات ابزار دقیق.

در نهایت برای بررسی تفاوت بین واحدهای مختلف نیروگاه از آزمون‌های توکی، دانکن و LSD استفاده شد که نتیجه آزمون LSD در جدول شمارهٔ (۷) ذکر شده است چنان‌که در جدول مشاهده می‌شود واحد مکانیک و بهره‌برداری درهر دو آزمون با سایر واحدهای نیروگاه اختلاف معنی‌دار دارد و در شکل شمارهٔ (۳) مهم‌ترین عوامل ریسک محیط زیستی نیروگاه آورده شده است.

**جدول شمارهٔ (۶):اولویت بندی عوامل ریسک در واحد بهره برداری**

| رتبه | وزن (W) | نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل(+Cl ) | معیارها | واحد |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۰/۰۴۹ | ۰/۸۰۷ | راه اندازی واحد با سوخت گاز | بهره برداری |
| ۲ | ۰/۰۴۷ | ۰/۷۹۸ | مخازن سوخت | |
| ۳ | ۰/۰۵۰ | ۰/۶۳۰ | تحویل سوخت گاز(ایستگاه گاز) | |
| ۴ | ۰/۰۵۲ | ۰/۵۳۰ | تعویض فیلتر سوخت گاز | |
| ۵ | ۰/۰۵۰ | ۰/۵۱۹ | برق دار کردن ترانسها | |
| ۷ | ۰/۰۵۵ | ۰/۴۵۰ | Cool down کردن واحد | |
| ۸ | ۰/۰۵۱ | ۰/۳۸۰ | تغییر سوخت واحد از گاز به گازوئیل | |
| ۹ | ۰/۰۵۱ | ۰/۳۵۶ | راه اندازی واحد با سوخت مایع | |
| ۱۰ | ۰/۰۴۸ | ۰/۳۴۹ | راه اندازی و تست تجهیزات سیستم سوخت‌مایع | |
| ۱۱ | ۰/۰۴۵ | ۰/۳۴۵ | راه اندازی و تست تجهیزات سیستم خنک‌کاری | |
| ۱۲ | ۰/۰۴۸ | ۰/۳۴۳ | راه‌اندازی و تست تجهیزات سیستم روغن‌کاری | |
| ۱۳ | ۰/۰۴۷ | ۰/۳۳۹ | دوگانه کردن سوخت واحد | |
| ۱۴ | ۰/۰۵۰ | ۰/۳۱۷ | تست و راه اندازی دیزل‌ها | |
| ۱۵ | ۰/۰۵۰ | ۰/۲۲۷ | انتقال سوخت گازوئیل به واحد و مخازن | |
| ۱۶ | ۰/۰۵۱ | ۰/۱۸۵ | تحویل سوخت مایع(تخلیه سوخت) | |
| ۱۷ | ۰/۰۴۵ | ۰/۰۹۸ | هواگیری فیلترهای سوخت گازوئیل | |

**جدول شمارهٔ (۷):جدول LSD مقایسه واحدها در ارزیابی ریسک محیط زیستی نیروگاه**

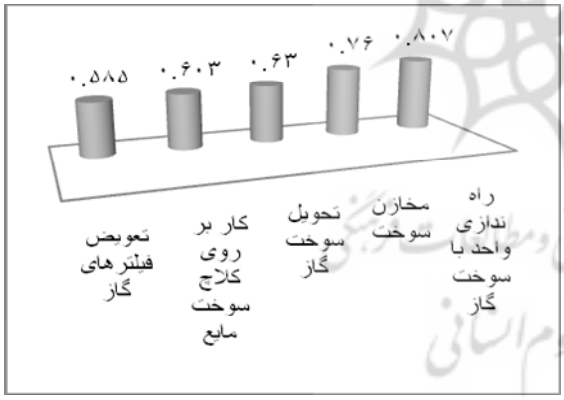
| واحدها | اداری | انبار | پست | الکتریک | درمانگاه | اتش نشانی | ابزار دقیق | خدمات | مکانیک | بهره برداری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اداری | _ | -۰/۱۱۹ | -۰/۰۵۲ | -۰/۱ | -۰/۹۷ | ۰/۱۴ | -۰/۰۱۷ | -۰/۱۵۳ | ۰/۱۵۲* | -۰/۰۳۲* |
| انبار | ۰/۱۱۹ | _ | ۰/۰۶۶ | ۰/۱۱۹ | ۰/۰۲۶۱ | ۰/۲۶۵ | ۰/۱۰۱ | -۰/۳۴۴ | ۰/۲۷۱* | ۰/۰۸۶* |
| پست | ۰/۰۵۳ | -۰/۰۶۶ | _ | -۰/۰۴۷ | -۰/۰۴۵ | ۰/۱۹۹ | ۰/۰۳۵ | -۱/۰۱۱ | ۰/۲۰۵۱* | ۰/۰۱۹۶* |
| الکتریک | ۰/۱ | -۰/۰۱۹ | ۰/۰۴۷ | _ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۲۴۶ | -۰/۰۸۲ | -۰/۰۵۳ | ۰/۲۵۲* | ۰/۰۶۷۳* |
| درمانگاه | ۰/۹۳۷ | -۰/۰۲۱ | ۰/۰۴۵ | -۰/۰۰۲ | _ | ۰/۲۴۴ | ۰/۰۸۰ | -۰/۰۵۶ | ۰/۲۵۰* | ۰/۰۶۴۶* |
| اتش نشانی | -۰/۱۴۶ | -۰/۲۵۶ | -۰/۱۹۹ | -۰/۲۴۶ | -۰/۲۴۴ | _ | -۰/۱۶۴ | -۰/۳۰ | ۰/۰۰۶* | -۰/۱۷۹* |
| ابزار دقیق | ۰/۰۱۷۳ | -۰/۱۰۱ | -۰/۰۳۵ | -۰/۰۸۲۶ | -۰/۰۸۰ | ۰/۱۶۴ | _ | -۰/۱۳۶ | ۰/۱۷۰* | -۰/۰۱۵* |
| خدمات | ۰/۱۵۳ | ۰/۰۳۴ | ۰/۱۰۱ | ۰/۰۵۳ | ۰/۰۵۶ | ۰/۳۰ | ۰/۱۳۶ | _ | ۰/۳۰۶* | ۰/۱۲۰* |
| مکانیک | -۰/۱۵۲* | -۰/۲۷۱* | -۰/۲۰۵* | -۰/۲۵۲* | -۰/۲۵۰* | -۰/۰۰۶* | -۰/۱۷۰* | -۰/۳۰۶* | _ | -۰/۱۸۵* |
| بهره برداری | ۰/۰۳۲* | -۰/۰۸۶* | -۰/۰۱۹۶* | -۰/۰۶۷* | -۰/۰۶۴* | ۰/۱۷۹* | ۰/۰۱۵۳* | -۰/۱۲۰* | ۰/۱۸۵* | _ |

## وجود اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۵

از لحاظ شاخص محیط زیستی در کل نیروگاه، پس از بررسی جداگانه هر واحد و مقایسهٔ کل واحدها در نیروگاه مشخص شد که واحد بهره‌برداری و مکانیک مهم‌ترین واحد است و ریسک‌های راه‌اندازی واحد با سوخت گاز، مخازن سوخت و ایستگاه گاز که به ترتیب اولویت اوّل تا سوم را در واحد بهره‌برداری به خود اختصاص داده‌اند و ریسک‌های کار بر روی کلاج سوخت مایع، تعویض فیلترهای گاز و سرویس و روانکاری لوله‌های اسکید گاز که به ترتیب اولویت اوّل تا سوم را در واحد مکانیک دارند، مهم‌ترین ریسک‌های نیروگاه هستند.

بر اساس شکل شمارهٔ (۳) ریسک‌های راه اندازی واحد با سوخت گاز با وزن۰/۸۰۷، مخازن سوخت با وزن ۰/۷۶۰، وتحویل سوخت گازبا وزن ۰/۶۳۰، کار بر روی کلاج سوخت مایع با وزن ۰/۶۰۳ و تعویض فیلترهای گاز با وزن ۰/۵۸۵ که به ترتیب اولویت اوّل تا پنجم را به خود اختصاص داده‌اند به علل زیر مهم‌ترین ریسک‌های نیروگاه هستند.

توسط گروه خبرگان این عوامل تعیین و به دلایل زیر تأیید کرده‌اند:




**شکل شمارهٔ (۳): مهم‌ترین اولویت‌های عوامل زیست محیطی نیروگاه گازی آبادان**

**– راه اندازی واحد با سوخت گاز**: برای راه‌اندازی سیستم، توربین فعال شده و هوای قسمت ورودی در داخل کمپرسور فشرده می‌شود. هوای فشرده از کمپرسور به داخل فضای حلقوی اتاق احتراق جریان یافته و در حین عبور از خط با سوخت مخلوط شده و انفجار صورت می‌گیرد. در هنگام روشن شدن مشعل‌ها نباید مقدار زیادی مواد سوختنی و هوا در محفظه احتراق باشد زیرا خطر انفجار در آن وجود دارد. بنابراین در راه اندازی واحد با گاز خطر نشت

وانفجار وجود دارد که پیامد ان نیز آلودگی‌های آب ،هوا وخاک ونیز اتلاف منابع است.

**–مخازن سوخت:** به طور کلی سوخت به کار رفته در محفظه‌های احتراق گاز طبیعی است و در بعضی مواقع گازوئیل نیز استفاده می‌شود که این سوخت‌ها از طریق لوله‌هایی با فشار معین از مخازن به محفظهٔ احتراق ارسال می‌شود. بنابراین در مخازن سوخت (محل نگهداری سوخت ) خطر آتش‌سوزی و انفجار وجود دارد که پیامدهای آن آلودگی آب، خاک و هواست.

**– ایستگاه گاز :** در سیکل نیروگاه گازی، تجهیزات اساسی آن، کمپرسور، محفظه احتراق و توربین گازی است در قسمت کمپرسور، فشار هوای ورودی زیاد می‌شود و پس از آن‌که در ایستگاه گاز کنترل دما و فشار و گرفتن ناخالصی‌های گازورودی بررسی شد وارد محفظهٔ احتراق می‌شود. بنابراین در ایستگاه گاز نشت گاز واتلاف منابع وجود دارد.

**–کار بر روی کلاچ سوخت مایع**: سیستم راه اندازی توربین گازی از پنج وسیلهٔ دیزل، مبدل گشتاور، راچت، کلاچ راه انداز وجعبه دندهٔ کمکی تشکیل شده است. برای راه اندازی توربین باید از محرک اولیه‌ای به نام دیزل استفاده کرد. قبل از این که دیزل شروع به کار کند شود، ابتدا فرمانی برای کلاچ راه انداز فرستاده می‌شود تا کلاچ بسته شود. سپس دیزل، آغاز به کار کند و در همین زمان هم روغن به داخل مبدل گشتاور جریان می‌یابد. عمل باز وبسته شدن کلاچ با روغن مشخص می‌شود. دو سیلندر روغن به کلاچ (فک متحرک ) متصل است که با تزریق روغن به داخل این دو سیلندر، کلاچ بسته می‌شود.

بسته شدن کلاچ بدین صورت است که با تزریق روغن در دو سیلندر، فنر موجود در آنها فشرده می‌شود و با فشرده شدن فنرها، فک متحرک به فک ثابت متصل می‌شود. کلاچ از نوع آروارهای است وشیب آرواره‌ها به گونه‌ای است که فقط فک متحرک قادر به چرخاندن فک ثلبت در همان جهت دوران نمی‌تواند فک متحرک را بچرخاند.

بدین ترتیب در صورت بروز اختلال در سیستم، کار بر روی کلاچ سوخت مایع، به منظور تعمیر آن احتمالاً با نشت روغن و ضایعات بلبرینگ‌های معیوب برخورد می‌شوند که پیامدهای همچون آلودگی تصویری و تولید ضایعات را به همراه دارد.

**–تعویض فیلترهای گاز:** هوا قبل از ورود به کمپرسور، یا به‌طورکلی قبل از ورود به مولد باید از این فیلتر عبور کند تا ناخالصی‌ها گرفته شوند وناخالصی‌ها وارد کمپرسور نشوند. در این نوع فیلتر اگراختلاف فشار به ۲.۸ برسد فیلتر هشدار می‌دهد و مبین گرفتگی فیلتر است که می‌باید تمیز، و یا تعویض شود. بدیهی است که پیامد آن برای محیط زیست آلودگی تصویری، تولید ضایعات و آلودگی خاک است.

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این مطالعه تجزیه و تحلیل ریسک‌های محیط زیستی نیروگاه گازی آبادان است. روشهای متنوعی برای ارزیابی ریسک محیط زیستی وجود دارد از جمله این روشها می‌توان به FMEA ،HAZAN،William Fine و غیره اشاره کرد که هر یک دارای مزایا و معایبی وابسته به محیط مورد مطالعه‌اند. بنابراین نمی‌توان روشی را با اطمینان رد یا تأیید کرد این امر که یک روش در یک صنعت تا چه حد از کارایی برخوردار است به شرایط بسیاری از جمله طراحی، ساختار، نوع فعالیت‌های آن صنعت و شرایط زیست محیطی منطقهٔ مورد مطالعه و و دیگر عوامل محیطی دارد.

مزیت مدل پیشنهادی این تحقیق عبارتند از :

۱) رویکردی نظام‌مند برای تعیین معیارها و اهداف ارائه می‌دهد.

۲)عوامل قابل سنجش و غیر قابل سنجش را در تجزیه‌وتحلیل‌ها شامل می‌شود.

۳)در ارزشگذاری (نمره دهی)قضاوت‌های علمی افراد مختلف تلفیق می‌شود.

۴)حق تقدم متوسط گروه تصمیم‌گیری استخراج می‌شود.

۵) استفاده از ابزارهایی برای افزایش دقت و کیفیت اولویت بندی ریسک‌ها ارائه می‌کنند.

۶) یک روش تصمیم‌گیری قوی و تکنیکی برای اولویت بندی براساس نزدیکی به جواب ایده‌آل است.

۷) بهره‌گیری از عوامل بیشتر و اهمیت متفاوت بین عوامل اثرگذار.

۸) دستیابی به نتایج عینی‌تر در تجزیه و تحلیل و رتبه بندی ریسک‌ها.

۹) امکان اولویت بندی و ارزشیابی عوامل ایجاد مخاطرات از مهم‌ترین علل انتخاب روش TOPSIS در این مطالعه بود.

در ادامه به بررسی شرایط فنی نیروگاه گازی آبادان پرداخته شد و برای انتخاب گزینه‌های ریسک نیروگاه گازی آبادان از روش

پرسشنامه دلفی و نظرسنجی خبرگان استفاده و با روش TOPSIS بررسی و اولویت‌بندی شد.

در زمینهٔ محاسبهٔ وزن معیارها از طریق تکنیک بردار ویژه وآنتروپی مبادرت به عمل آمد. بنابراین محاسبهٔ ریسک‌های نیروگاه گازی آبادان و مقایسه کل واحدها از لحاظ محیط زیستی باتجزیه‌وتحلیل واریانس یک‌طرفه حاکی از آن است که ریسک‌های راه اندازی واحد با سوخت گاز، مخازن سوخت، ایستگاه گاز و کار بر روی کلاچ سوخت مایع به ترتیب با وزن‌های ۰/۸۰۷، ۰/۷۶۰، ۰/۶۳۰، ۰/۶۰۳ بیشترین ریسک را در بین ریسک‌های نیروگاه گازی آبادان دارا هستند.

بنابراین همان‌طور که ملاحظه می‌شود طبق جدول شمارهٔ (۸)، از آنجا که این عوامل پیامدهایی چون آلودگی‌ها (بویژه آلودگی هوا) را به همراه دارند، به عنوان مهم‌ترین عوامل ایجادکننده ریسک نیروگاه تعیین شدند.

Chatzimouratidis نیز در پژوهش خود خروجی‌های غیر رادیواکتیو ناشی از احتراق سوخت (راه اندازی واحد با سوخت) در نیروگاهها را عامل آسیب به سلامت اکوسیستم‌ها و انسان می‌داند. سعیدی نیز عمده آلاینده‌های تولید شده در نیروگاه گازی را ناشی از احتراق سوخت (راه اندازی واحد با سوخت گازی)، نگهداری وانتقال سوخت در این نیروگاهها می‌داند. همچنین موقعیت‌های خطرناک در واحد بهره‌برداری نیروگاه گازی آبادان عبارتند از :

مرحلهٔ تولید، انتقال ونگهداری سوخت است که Hirschberg نیز در پژوهش خود مرحلهٔ تولید ونگهداری سوخت را علت ریسک‌های بالا می‌داند.

همان‌طور که گفته شد در محاسبهٔ وزن به کمک تکنیک بردار ویژه این نتیجه به دست آمد که به دلیل محاسبه دترمینان که فقط برای ماتریس‌های مربعی (n.n) قابل محاسبه است، تعداد پرسش نامه‌ها باید با تعداد معیارها برابر باشد (ماتریس $A_{m.n}$ را مربعی می‌نامیم اگرm=n باشد).

بعد از شناسایی و کمّی‌سازی و اولویت‌بندی ریسک‌ها، نیاز به برنامه پاسخ به ریسک است، که راههای مقابله با ریسک‌ها را قبل از آن که به وقوع بپیوندد، بیان می‌کند. روش‌های متفاوتی برای پاسخ وجود دارند که عبارتند از:

از بین بردن ریسک، تخفیف دادن ریسک، انتقال ریسک و پذیرش ریسک (Azadeh,2009) در جدول شمارهٔ (۸ و۹)، روشهای پیشنهادی کنترل و مقابله با مهم‌ترین ریسک‌های نیروگاه گازی آبادان در واحدهای مختلف به صورت جدول ارائه شده است.

**جدول شمارهٔ (۸):جدول راهکارهای مدیریتی واحدها مختلف نیروگاه**

| ریسک | پیامد | راه کار کنترلی |
|---|---|---|
| راه اندازی با سوخت گاز | آلودگی آب،خاک وهوا | ضرورت تدوین دستورالعمل و برنامه پایش واندازه‌گیری احتراق ۲ مرحله‌ای تزریق آب وبخار |
| کار بر روی کلاچ سوخت مایع | آلودگی خاک و تولید ضایعات | مدیریت پسماند و ضرورت تدوین دستورالعمل |
| تحویل سوخت | اتلاف منابع | رعایت استفاده صحیح از منابع وکاهش اتلاف،آموزش |
| بازدید از تجهیزات پست | آلودگی خاک و اتلاف منابع | مدیریت پسماند، رعایت استفاده صحیح از منابع وکاهش اتلاف،آموزش |
| تهیه وتوزیع غذا | تولید ضایعات | مدیریت پسماند و ضرورت تدوین دستورالعمل |
| تمیزکاری وسرویس کاری ابزار دقیق | آلودگی تصویری،تولید ضایعات | مدیریت پسماند و ضرورت تدوین دستورالعمل |
| شتوشوی فین فن واحدها | تحلیل منابع و آلودگی خاک | مدیریت مصرف انرژی،کنترل پساب |
| بازدید از ترانس‌ها | آلودگی تصویری وخاک | مدیریت پسماند و جمع آوری روغن |

پس از ارائهٔ تمهیدات و راهکارهای پیشگیری، کاهش و کنترل ریسک‌های سو محیط زیستی ناشی از فعالیت واحد بهره‌برداری نیروگاه گازی آبادان، ارائه برنامه‌های مدیریت و پایش محیط زیست مطابق با دستور العمل‌های ملی و بین‌المللی، برای نظارت دقیق و پایش اصولی عملیات، فرایندها و عملکردها لازم و ضروری است. یکی از اهداف اساسی برنامه‌های مدیریت و پایش، انجام عملیات ممیزی و خودبازرسی برای به حداقل رسانیدن پیامدهای نامطلوب مستقیم، یا غیرمستقیم محیط زیستی طی فعالیت نیروگاه است. بنابراین با توجه به خطرها و ریسک‌های نیروگاه گازی آبادان، مهم‌ترین اهداف برنامه‌های مدیریت و پایش محیط زیستی آن شامل پیشگیری و کنترل آلودگی منابع هوا، آب، خاک و صدای ناشی از فعالیت‌های واحد بهره‌برداری نیروگاه است. بنابراین روش و دوره‌های بازرسی و پایش متناسب با ریسک‌های شناسایی شده واحد بهره برداری نیروگاه گازی آبادان شامل برنامهٔ پایش کیفیت آب، پایش کیفیت هوا و صداست.

**جدول شمارهٔ (۹): راهکارهای پیشنهادی کنترل ریسک‌های واحد بهره برداری نیروگاه گازی**

| ردیف | اهداف کلان | اهداف خرد | مدت زمان اجرا | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | کوتاه مدت (زیردوسال) | میان‌مدت (تا۵سال) | بلندمدت (بالای۵سال) |
| ۱ | کاهش آلودگی اب (پساب‌های صنعتی که شامل آلاینده‌های چربی وروغن ناشی از توربین‌ها ،زنراتورها و ترانسفورماتور هستند و فاضلابهای بهداشتی ) | برای دفع در نقطهٔ تخلیه رقیق سازی پساب صورت گیرد | | * | |
| | | برنامهٔ بازیافت اب | | * | |
| | | کاربرد سیستم‌های خنک کنندهٔ مناسب | * | | |
| | | احداث تصفیه خانه پساب صنعتی برای حذف چربی وروغن | | | * |
| | | پساب بوسیله فرایندهای فیزیک وشیمیایی در تصفیه‌خانه تصفیه شود | | | * |
| | | کاهش بار الودگی با ایجاد تغییر در فرایند | | | * |
| | | جمع‌آوری ابهای سطحی کلی نیروگاه | | | * |
| ۲ | کنترل الودگی هوا | اندازه‌گیری و ارزیابی عوامل | * | | |
| | | بهبود واصلاح فرایند کار | | | * |
| | | اصلاح تجهیزات | | * | |
| | | کاهش مواد آلاینده در مبدأ تولید | | * | |
| | | مصرف گاز طبیعی به عنوان سوخت اصلی | * | | |
| | | استفاده از چراغ های هشدار دهنده بر روی دودکش‌ها و دکل‌های برق | | | * |
| | | کنترل میزان هوای اضافی در سیستم احتراق | | * | |
| | | به‌کارگیری سیستم تزریق اب در سیستم احتراق در مورد استفاده از گازوئیل به عنوان سوخت | | * | |
| | | استفاده از low $^{NOx\ mulitivel}$ | | * | |
| | | دودکش بلندتر | | * | |
| ۳ | مدیریت پسماند | کاهش پسماند تولیدی | | * | |
| | | کاهش بار الودگی ناشی از پسماند | | * | |
| | | برگزاری دوره های آموزشی در خصوص صرفه جویی در مصرف منابع و بازیافت انها | * | | |

اندازه‌گیری‌های کیفیت آب و هوا، در تمامی مکان‌های مورد نیاز، به ترتیب زیر صورت می‌گیرد:

الف) برنامهٔ پایش کیفیت آب: این برنامه شامل اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی آب در هر سه ماه یک بار است.

ب) برنامه پایش کیفیت هوا : ۱) گازهای آلاینده : خروجی دودکش هر سال دوبار اندازه‌گیری شود .۲) استاندارد هوای پاک : میزان مواد معلق، گازهای CO ، SOX ، NOX ، CO2 در دودکش دیزل ژنراتور هر سال دوبار پایش شود.

بنابراین با توجه به خطرها و ریسک‌های نیروگاه گازی آبادان، مهم‌ترین اهداف برنامه‌های مدیریت و پایش محیط زیستی آن شامل پیشگیری و کنترل آلودگی منابع هوا، آب، خاک و صدای ناشی از فعالیت‌های واحد بهره‌برداری نیروگاه است. بنابراین روش و دوره‌های بازرسی و پایش متناسب با ریسک‌های شناسایی شده واحد بهره‌برداری نیروگاه گازی آبادان شامل برنامهٔ پایش کیفیت آب، پایش کیفیت هوا وصداست.

## منابع مورد استفاده

جبل عاملی، م.، و همکاران.۱۳۸۶.رتبه بندی ریسک پروژه با استفاده از فرایند تصمیم‌گیری چند شاخصه، نشریهٔ دانشکدهٔ فنی، جلد ۴۱، شمارهٔ ۷، ص۸۶۳ تا۸۷۱

حبیبی،ا. ،علیزاده،م.۱۳۸۶.ایمنی کاربردی شاخص‌های عملکرد درصنعت،چاپ دوم ،نشر فن آوران، ص۳۵۷.

طهموریان،ف.۱۳۸۶. اصول مدیریت زیست محیطی، چاپ اوّل، نشرفدک ایساتیس، ص۱۵.

سعیدی،م. وهمکاران.۱۳۸۴.مدیریت زیست محیطی نیروگاهها ،چاپ اوّل ،نشر وزارت نیرو_سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا) ، ص ۳۸.

شانه،م. ۱۳۸۷. برنامه‌ریزی و مدیریت کنترل و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی در صنعت فولاد جهت دستیابی به ایمنی، بهداشت و محیط زیست مطلوب (مطالعه موردی : شرکت فولاد کاویان)، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات اهواز.

محمد فام ،ا.۱۳۸۷. استقرار سیستم HSE در صنعت نفت ،کارگاه وچهارمین همایش ملی بحران‌های زیست محیطی ایران وراهکارهای بهبود آنها، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

هوشمند، ر. ۱۳۸۷ .تولید برق در نیروگاهها، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه شهید چمران، ص۵.

رحمانی،ک، درفش، س.۱۳۸۴. سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای با رویکرد کاربردی و عملی.چاپ اوّل، نشر فروزش، ص ۹.

Azadeh,A., I.,Mohammad Fam .2009. Integrated M HSEE Management Systems For Industry:A Case Study In Gas Refinary. Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 32, No. 2, pp. xx-xx

Athanasios,I. 2008. Multicriteria Evaluation of Power plant Impact on Living Standard Using the Analytic Hierarchy Process. Journal of Energy Policy, Vol.36, pp. 1074-1089

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

Chang Hung,C., L.,Hsuan Chen .2009. A Fuzzy TOPSIS Decision Making Model with Entropy Weight under Intuitionistic Fuzzy Environment. Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists, Vol .I IMECS, pp.18 – 20

Chatzimouratidis,A., P.,Pilavachi .2007. Objective and Subjective Evaluation of Power plants and Their Non-radioactive Emissions Using the Analytic Hierarchy Process, Energy Policy, Vol. 35,PP . 4027–4038

Dag˘deviren,M., S.,Yavuz, N.,Kılınç .2009. Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. Expert Systems with Applications, Vol.36 , PP.8143–8151.

Dodangeh,J., R.,Yusuff, J.,Jassbi .2010. Using Topsis Method with Goal Programming for Best selection of Strategic Plans in BSC Model. Journal of American Science, Vol.6(3)

Hirschberg,S., et al .2004. Severe Accidents in the Energy Sector: Comparative Perspective. Journal of Hazardous Materials, Vol .111,PP. 57–65

Kirchsteiger,C. 2007. Carbon Capture and Storage-desirability from a Risk Management Point of View. Safety Science ,Vol. 46,PP. 1149–1154

Mahmoodzadeh,S., et al .2007. Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique. International Journal of Human and Social Sciences, Vol.1:3

Nikoomaram,H., et al. 2009. Training Performance Evaluation of AdministrationSciences Instructors by Fuzzy MCDM Approach. Contemporary Engineering Sciences, Vol. 2, PP. 559 – 575

Opricovic,S., G.,Hshiung Tzeng .2004. Compromise Solution by MCDM Methods:A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational Research, vol.156, PP. 445–455

Onut,S., S.,Soner .2008. Transshipment Site Selection Using the AHP and TOPSIS Approaches Under Fuzzy Environment. Waste Management, Vol.28, PP. 1552–1559

Sahu.SK., et al .2009. Probabilistic Inhalation Risk Assessment due to Radioactivity Released from Coal-Fired Thermal Power Plant. Energy and Environment, PP. 19-21

Sachdeva,A., D.,Kumar, P.,Kumar .2009. Multi-factor Failure Mode Critically Analysis Using TOPSIS. Journal of Industrial Engineering International Islamic Azad University, Vol. 5, No. 8, PP. 1-9

Srdjevic,B., Y.,Medeiros, A.,Faria .2004. An Objective Multi-Criteria Evaluation of Water Management Scenarios. Water Resources Management. Vol.18, PP. 35–54

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی