

بررسی آثار زیست‌محیطی بهره‌برداری کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی منطقه قهاب شهرستان اصفهان

زهرا نامداری*^۱، سحر رضاییان^۲، نعمت‌الله جعفرزاده حقیقی فرد^۳

۱. کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی-محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان
۲. دکتری مدیریت محیط‌زیست، استادیار، هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود S_rezaian@yahoo.com
۳. دکتری مهندسی محیط‌زیست، دانشیار، هیئت علمی دانشگاه جندی‌شاپور اهواز n_jaafarzadeh@yahoo.com

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۲/۰۱

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۱/۰۹/۲۱

چکیده

فعالیت‌های توسعه خطرهایی را بر محیط‌زیست تحمیل می‌کنند که ابعاد این خطرهای احتمالی با توجه به ماهیت پروژه و حساسیت‌های محیط‌زیست متفاوت است. کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی از پتانسیل تأثیر بالایی برخوردارند. از این رو با ارزیابی محیط‌زیست و ارائه برنامه مدیریت مناسب می‌توان پتانسیل تأثیرات منفی ناشی از آن‌ها را تا حد امکان کاهش داد و سبب بهبود وضعیت محیط تحت تأثیر شد. هدف اصلی تحقیق حاضر بررسی آثار زیست‌محیطی کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی شهرستان اصفهان (منطقه محمدآباد قهاب) است. در بیان فرضیات، مهم‌ترین آثار محیط‌زیست کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی، ذرات معلق است و برداشت منابع برای کوره‌های آجرپزی باعث فرسایش خاک منطقه می‌شود. ابتدا در زمستان ۹۰ اطلاعات جامعی از ۱۰ کارخانه کوره‌های آجرپزی منطقه محمدآباد قهاب اصفهان در خصوص نمونه‌برداری هوای دودکش‌ها و سنجش صوت صورت گرفت و تطبیق آن‌ها با استانداردهای محیط‌زیست با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 بود. همچنین برای شناسایی آثار شاخص محیط‌زیست از روش‌های چک لیست سنجشی همترازی و برای وزن‌دهی به آثار در چک لیست از روش AHP استفاده شد. از روش TOPSIS نیز برای رتبه‌بندی گزینه‌های مورد بررسی استفاده شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، بیشترین آثار منفی کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی ذرات معلق با وزن ۰/۶۶۷ نسبت به معیار آلودگی هوا و تخریب خاک با وزن ۰/۱۴۰ و رانش خاک با وزن ۰/۱۲۳ و بهداشت با وزن ۰/۱۳۳ و آثار مثبت کوره‌های آجرپزی، اشتغال با وزن ۰/۱۰۱ است و گزینه اجرا با پایش و اصلاحات وزن بیشتری را با مقدار ۲/۷۷۲ داراست. کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی ملزم به رعایت ضوابط محیط‌زیست‌اند و گزینه اجرا با پایش و اصلاحات وزن بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند. به منظور بررسی راندمان اقدامات اصلاحی پیشنهادی و ارزیابی آثار غیرقابل پیش‌بینی پروژه نیاز به برقراری سیستم مدیریت محیط‌زیست است.

کلیدواژه

تکنیک AHP، تکنیک TOPSIS، روش چک لیست سنجشی همترازی، کوره‌های آجرپزی.

۱. سرآغاز

فرسایش خاک و عوامل کویرزایی ایجاد کرده‌اند. کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی از پتانسیل تأثیر بالایی برخوردارند، از این رو با ارزیابی محیط‌زیست و ارائه برنامه مدیریت مناسب می‌توان پتانسیل تأثیرات منفی ناشی از آن‌ها را تا حد امکان کاهش داد و سبب بهبود وضعیت محیط تحت تأثیر شد (کعبی، ۱۳۸۹). پژوهش حاضر با

در گذشته نواحی مختلف محیط‌زیست ایران با علفزارهای زیبا، جنگل‌های سرسبز و گل‌های وحشی فراوان مأمّن مهمی برای حیات وحش بود، اما دخالت انسان، رخساره این بیوم را به کلی تغییر داده است. حتی به زیر کشت بردن مراتع و آبیاری بی‌رویه مسائل مهمی را از دیدگاه‌های

کار می‌رود. سعی می‌شود مقدار زیادی از زغال با کیفیت پایین یا لاستیک به‌منزله سوخت درونی بسیار غیرعلمی استفاده شود. هدف تحقیق حاضر بررسی اثر کوره‌های آجرپزی بر جنبه‌های مختلف آلودگی محیط به وسیله این کوره‌هاست. چگالی فلزات Cu، Co، Zn، Pb، Cr، Ni، Mn، Cd، تعیین شد و روی ۳۶ نمونه جامد جمع‌آوری شده از منطقه و همان تعداد نمونه‌های گیاهان به منظور توزیع فلزات سنگین در منطقه و تشخیص اثر این توزیع روی جو پیرامون و آثار احتمالی آن بر زندگی بشر است (M.Ishaq, MuradAliKhan, F.AkbarJan, I.Ahmad.2009).

امکان‌سنجی تشکیل بازار اعتبارات بهره‌وری انرژی مطالعه موردی صنعت آجر در سال ۸۹ بررسی شد. هدف این پژوهش مطرح کردن ایده تشکیل بازار اعتبارات بهره‌وری انرژی به‌منزله ساز و کاری است که علاوه بر افزایش بهره‌وری انرژی، می‌تواند هزینه‌های صرفه‌جویی انرژی را کاهش دهد. در این تحقیق با استناد به ایجاد بازار مجوزها در زمینه‌های گوناگون و ایجاد بازار اعتبارات انرژی‌های تجدیدپذیر و بازار اعتبارات سفید در کشورهای پیشرفته به دنبال توضیح چنین بازاری برای بهره‌وری انرژی در کشورمان ایران هستیم. با تشکیل بازار اعتبارات بهره‌وری انرژی، بنگاه‌ها به مبادله اعتبارات می‌پردازند و می‌توانند هزینه‌های صرفه‌جویی انرژی در سطح ملی و در واحد خود را حداقل کنند. با توجه به هزینه‌های برآوردشده در گزارش‌های ممیزی انرژی انجام‌شده در واحدهای تولیدی صنعت آجر، جمع هزینه‌های ملی برای دستیابی به استاندارد مصرف سوخت در حالت مبادله مجوزهای بهره‌وری ۲۰۸۴۷/۳۵۵ ریال به ازای هر تن تولید در این واحدهاست. در حالی که در حالت نبود بازار تلاش واحدها برای دستیابی به استانداردهای تعیین‌شده هزینه‌هایی برابر با ۳۲۰۰۳/۷۸۵ ریال به ازای هر تن به آن‌ها تحمیل می‌کند، بنابراین، واحدهای تولیدی با مبادله اعتبارات در این بازار، می‌توانند هزینه صرفه‌جویی انرژی خود را کاهش دهند (صادقی و عظیمی، ۱۳۸۹).

ارائه برنامه مدیریت زیست‌محیطی کوره‌های آجرپزی قم را فریده عتابی و همکاران در سال ۱۳۸۹ انجام دادند.

مدنظر قراردادن ویژگی‌ها و حساسیت‌هایی انجام چنین مطالعه‌ای را ضروری می‌داند که عبارت‌اند از: مرکز جمعیت انسانی منطقه قهاب و مجتمع مسکونی در محدوده کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی، وزش باد غالب غرب به شرق استان و در پی آن تحت تأثیر قرار گرفتن ساکنان منطقه قهاب از پارامترهای آلودگی هوا. با توجه به اینکه منطقه قهاب کویری و خشک است، هر نوع آلودگی هوا، آثار مضاعفی را در اکوسیستم منطقه بر جای می‌گذارد. بنابراین، در بررسی آثار این کارخانه‌ها می‌بایست به توپوگرافی و مسئله آب و هوای منطقه توجه شود. پژوهشی در سال ۲۰۰۹ با موضوع «ارزیابی منظم آثار انتشارات کوره‌های آجرپزی روی کیفیت هوا» در تایلند انجام شد. در این مطالعه آمده است، با انتشار متنوعی از آلاینده‌های مهم هوا طی یک دوره پخت آجر و بین کوره‌ها مشخص شد که SO_2 بالاترین آلاینده بحرانی بود (Hoang Anh Le, Nguyen Thi Kim Oanh.2009).

همچنین، تحقیقی در سال ۲۰۰۸ در هند با عنوان «آزمایش خاک مناطق کوره‌های آجرپزی برای تعیین فلز سنگین سرب با استفاده از روش LIBS» انجام گرفت که در این مطالعه آمده، اندازه‌گیری سریع از فلزات سنگین در خاک فاکتور مهمی در مدل‌سازی آثار آلودگی صنعتی بر خاک کشاورزی است. روش LIBS طیف خاک را در محدوده طول موج‌های ماورای بنفش به سوی محدوده مادون قرمز (۲۰۰-۱۱۰۰) نانومتر ثبت کرد. بر اساس کار حاضر سرب در خاک کشاورزی مناطق کوره‌های آجرپزی در فافامو حدود ۵۷۵ ppm گزارش شده که بیشتر از استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست امریکا، حدود ۴۰۰ ppm برای حضور سرب در خاک است، بنابراین این موضوع بزرگ‌ترین نگرانی است (Shiwani Pandhija, A.K.Rai. 2008).

بررسی فلزات سنگین کوره‌های آجرپزی با استفاده از جذب اسپکتروفتومتری (مطالعه موردی پیشوار پاکستان) در سال ۲۰۰۹ صورت گرفت. در پاکستان، مشکل مهم سرعت همجوش کوره‌های آجرپزی در نزدیک کل مراکز شهری است که برای کارهای ساختاری سریع در شهرهای بزرگ به

عبارت‌اند از: موقعیت جغرافیایی کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی، شناسایی ریزفعالیت‌ها، روش تولید، نوع مواد اولیه، قوانین و استانداردها در خصوص فعالیت‌های کوره‌های آجرپزی که با محیط‌زیست در تضاد است. جمع‌آوری این اطلاعات در دو مرحله عملیات میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای انجام شد، همچنین آزمایش‌های مربوط به سنجش کیفیت هوای دودکش کارخانه‌ها بررسی و سنجش صوت شد. در زمستان ۱۳۹۰ آلودگی هوای دودکش‌های کارخانه‌های مونو اکسید کربن و ذرات معلق دودکش‌ها با استانداردهای محیط‌زیست تطبیق داده شد. سپس، با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 مقایسه بین میانگین نمونه‌ها با میزان استاندارد مربوط به هر نمونه را انجام دادیم و برای آلودگی صوت نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 و آزمون T-test مقایسه بین میانگین نمونه‌ها با میزان استاندارد مربوط به هر نمونه صورت گرفت (راسخ، ۱۳۸۹). همچنین، از روش‌های چک لیست سنجشی همترازی برای شناسایی آثار شاخص محیط‌زیست و روش AHP برای وزن‌دهی به آثار استفاده شده است.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری دودکش از هر کارخانه که نزدیک درب ورودی کارخانه بود انجام گرفته است. پارامترهای مورد سنجش CO از طریق دستگاه Testo 350 xl و PM از طریق دستگاه TCR-TECORIA-Iso stack در تاریخ ۹۰/۱۲/۲۰ آلودگی صدا بر محیط نیز در سه ایستگاه ورودی، مرکز کارخانه و خروجی در ۱۰ کارخانه آلودگی صدا بر حسب db مورد بررسی در تاریخ ۹۰/۱۲/۲۵ اندازه‌گیری انجام شد. دستگاه مورد استفاده، دستگاه صداسنج Sound Level Meter مدل 1353 TES است. نتایج به‌دست‌آمده با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست مقایسه شده است. در تحلیل نتایج آزمایش‌ها نیز از تجزیه و تحلیل‌های آماری با کمک نرم‌افزار SPSS20 استفاده شد. بر اساس این روش در تحقیق حاضر، ابتدا معیارهای اثرگذار در هر محیط (فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی،

هدف اصلی این تحقیق ارائه برنامه مدیریت محیط‌زیستی کوره‌های آجرپزی قم از طریق تعیین میزان غلظت گازهای خروجی از آن‌ها، آسیب‌های محیط‌زیستی ناشی از مصرف سوخت، برداشت خاک، عملکرد کوره‌های سنتی و هوفمن است. برای این منظور میزان آلوده‌سازها با محاسبه میزان مصرف سوخت و مقدار از دست دادن خاک با اندازه‌گیری وزن هر آجر و اختلاف وزن آن با خاک هم حجم اولیه آن محاسبه شده است. سپس، با تعیین مقدار آلاینده‌ها در ۱۰ ایستگاه و هر ایستگاه ۱۲ نوبت (جمعاً ۱۲۰ نمونه از هر کدام) کیفیت هوای تنفسی منطقه و ارتباط با دوری و نزدیکی کوره‌های سنتی و هوفمن به دست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار Co و So₂ تولیدی در کوره‌های سنتی به ترتیب ۳۹۲/۵ ppm و ۴۶۹ ppm و در کوره‌های هوفمن ۲۷۸/۵ ppm و ۱۳/۴ ppm است. با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری آلاینده‌ها و مقایسه آن‌ها با استانداردها و ضوابط محیط‌زیست، این کوره‌ها آلاینده محیط‌زیست شناخته شدند و فعالیت آن‌ها مغایر با ضوابط محیط‌زیست است (عتابی و همکاران، ۱۳۸۹). منطقه قهاب در ۲۰ کیلومتری شرق اصفهان قرار دارد که از شمال به جاده گاز و اراضی فرودگاه شهید بهشتی از جنوب به اراضی دهستان براون شمالی و از شرق به اراضی کوهپایه، از غرب به اراضی جلادران مرتبط است. منطقه قهاب جزو دهستان قهاب جنوبی بخش مرکزی شهرستان اصفهان است. دهستان قهاب جنوبی شامل روستاهای مزرعه گورت، جیلان‌آباد، کلمنجان، جلادران، محمدآباد، حسن‌آباد، امین‌آباد، سوسارت و فیروزآباد به مرکزیت روستای جیلان‌آباد است که هر کدام از روستاها دارای شورای مجزا و دهیاری‌اند. کل وسعت منطقه قهاب ۴۰۰ کیلومتر مربع و کل جمعیت منطقه، که شامل قهاب شمالی و جنوبی است، حدود ۹۹۳۹ نفر است. تعداد کوره‌های آجرپزی مستقر در منطقه حدود ۷۴ واحد است که از سال ۱۳۵۶ تاکنون در محل مستقر شده‌اند (ثالثی، ۱۳۹۱).

در این مرحله نخست از ۱۰ کارخانه کوره‌های آجرپزی منطقه محمدآباد قهاب شهرستان اصفهان اطلاعات جامعی در محل تحقیق جمع‌آوری شد. این اطلاعات



نمودار ۱. فرایند روش مطالعه و تحقیق بررسی آثار کوره‌های آجرپزی

از کارشناسان محیط‌زیست و مستقر در منطقه به منزله جامعه آماری شناخته شدند (۳۰ نفر) که با استفاده از فرمول کوکران حجم نمونه آماری مشخص می‌شود. سپس، با استفاده از پرسشنامه دلفی مهم‌ترین آثار محیط‌زیست کوره‌های آجرپزی را مشخص می‌کنیم و پرسشنامه را در

فرهنگی و زیباشناختی) را با در نظر گرفتن اهمیت و شدت آثار مشخص می‌کنیم (منوری، ۱۳۸۷). فرمول کوکران از پرکاربردترین روش‌ها برای محاسبه حجم نمونه آماری است. تعیین حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران نیازمند آن است که حجم جامعه را بدانیم. در اینجا تعدادی

به‌دست‌آمده از روش چک لیست در مقایسه با این روش، طی گام‌های شرح داده شده در زیر استفاده شد. در ابتدای روش که تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری است ابتدا نسبت به انتخاب معیارها و گزینه‌ها به منظور جانمایی در ماتریس تصمیم‌گیری اقدام شد. مسئله با این روش، مستلزم طی شش گام زیر است:

۱. کمی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N):
برای بی‌مقیاس‌سازی، از بی‌مقیاس‌سازی نورم استفاده می‌شود (مؤمنی، ۱۳۸۹).
۲. به‌دست‌آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V):
ماتریس بی‌مقیاس‌شده (N) را در ماتریس قطری وزن‌ها ($W_{n \times n}$) ضرب می‌کنیم، یعنی
(۱) فرمول ماتریس بی‌مقیاس موزون

$$V = N \times W_{n \times n}$$

۳. تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی: راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی، به صورت زیر تعریف می‌شوند:

(۲) فرمول تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی

- [بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس v] = راه‌حل ایده‌آل مثبت
[بردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس v] = راه‌حل ایده‌آل منفی

بهترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر است و بدترین برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی بزرگ‌ترین مقادیر است (مؤمنی، ۱۳۸۹).

۴. به دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی: فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت (d_j^+) و فاصله هر گزینه تا ایده‌آل منفی (d_j^-)، بر اساس فرمول‌های زیر حساب می‌شود (مؤمنی، ۱۳۸۹).

- (۳) فرمول به‌دست‌آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی

$$d^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^+)^2}$$

$$d^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

اختیار حجم نمونه آماری، که از فرمول کوکران به دست آوردیم، قرار می‌دهیم. همچنین، آثار محیط‌زیست شاخص را تعیین می‌کنیم که با توجه به پاسخ‌های گرفته‌شده از پرسشنامه‌ها به دست می‌آید. برای وزن‌دهی معیارها در این تحقیق ابتدا ساختار سلسله‌مراتبی رسم می‌کنیم که هدف بررسی آثار محیط‌زیست کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی است. سپس، معیارها را که همان آثار محیط‌زیست کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی‌اند می‌نویسیم و گزینه‌های هر کدام از معیارها را به گزینه مرتبط با معیار وصل و هر سطح را نسبت به سطح بالاتر از خود مقایسه می‌کنیم که همان تشکیل ماتریس مقایسه زوجی در هر سطح را می‌دهد. به عبارت دیگر با سنجش گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها، زیرمعیارها نسبت به معیارها و معیارها نسبت به هدف، تشکیل ماتریس زوجی می‌دهیم. سپس، وزن‌دهی (وزن نسبی) به معیارها را با به کارگیری روش AHP در نرم‌افزار (Expert Choice) EC به روش بردار ویژه انجام می‌دهیم. ابتدا پس از تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی، آن را وارد نرم‌افزار EC می‌کنیم و هر سطح را نسبت به سطح دیگر می‌سنجیم و وزن هر یک از معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها را به دست می‌آوریم. بنابراین، با به دست آوردن وزن معیارها و گزینه‌ها، اولویت هر کدام مشخص شد (قدسی‌پور، ۱۳۸۴). برای محاسبه مقیاس معیارها در هر گزینه (scaling)، داده‌های خام گزینه موردنظر بر بیشترین مقدار داده خام در گزینه‌ها تقسیم شد. در نهایت شاخص کل از طریق مجموع حاصل ضرب وزن معیارها در مقیاس معیارها در هر گزینه به دست آمد. جدول پایین ساختار چک لیست سنجشی همترازی را نشان می‌دهد. وزن هر معیار را در ستون وزن در جدول چک لیست سنجشی همترازی وارد می‌کنیم و وزن هر گزینه نسبت به هر معیار را در ستون داده‌های خام می‌نویسیم. در نهایت شاخص کل از طریق مجموع حاصل ضرب وزن معیارها در مقیاس معیارها در هر گزینه به دست می‌آید که در اینجا شاخص‌ها یا معیارهای مهم که بیشترین وزن را دارند مشخص می‌شوند. بعد از کاربرد دو روش چک لیست سنجشی همترازی و AHP از روش TOPSIS برای اطمینان از نتایج

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

(۴) فرمول تعیین نزدیکی نسبی

$$CL_i^* = \frac{dr}{d_i^- + d_i^+}$$

برای کمی‌کردن ماتریس تصمیم‌گیری از مقیاس دوقطبی فاصله‌ای استفاده شد. این مقیاس یازده نقطه‌ای است که صفر کمترین ارزش و ۱۰ بیشترین ارزش را به خود اختصاص داده است. بعد از کمی‌کردن، بی‌مقیاس‌سازی با استفاده از نورم انجام گرفت. در ادامه، برای به‌دست‌آوردن وزن شاخص‌ها به منظور تشکیل ماتریس بی‌مقیاس موزون، از تکنیک آنتروپی استفاده شد. آنتروپی در نظریه اطلاعات یک معیار نامطمئن است که با توزیع احتمال مشخص P_i بیان می‌شود (مؤمنی، ۱۳۸۹). گام‌های تکنیک آنتروپی به صورت زیر است:

(۵) فرمول بی‌مقیاس‌سازی نورم

گام ۱- محاسبه P_{ij}

a_{ij} = شاخص یا معیار مورد بررسی

P = توزیع احتمال مشخص است.

$$P = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad \forall ij ;$$

(۶) فرمول محاسبه مقدار آنتروپی میزان اطمینان

گام ۲- محاسبه مقدار آنتروپی E_j میزان اطمینان

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m [P_{ij} \ln p_{ij}] \quad \forall j ;$$

(۷) فرمول محاسبه مقدار k در فرمول محاسبه مقدار

آنتروپی میزان اطمینان

مقدار K به این ترتیب به دست می‌آید:

$$K = \frac{1}{\ln(m)}$$

m تعداد سطرها در جدول بی‌مقیاس‌سازی است.

(۸) فرمول محاسبه مقدار نامطمئن

گام ۳- محاسبه مقدار نامطمئن d_j

$$d_j = 1 - E_j \quad \forall j ;$$

گام ۴- محاسبه اوزان w_j

(۹) فرمول محاسبه اوزان

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

گام ۵- محاسبه اوزان تعدیل‌شده w_j

(۱۰) فرمول محاسبه اوزان تعدیل‌شده

$$W_j = \frac{\lambda_j w_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j w_j}$$

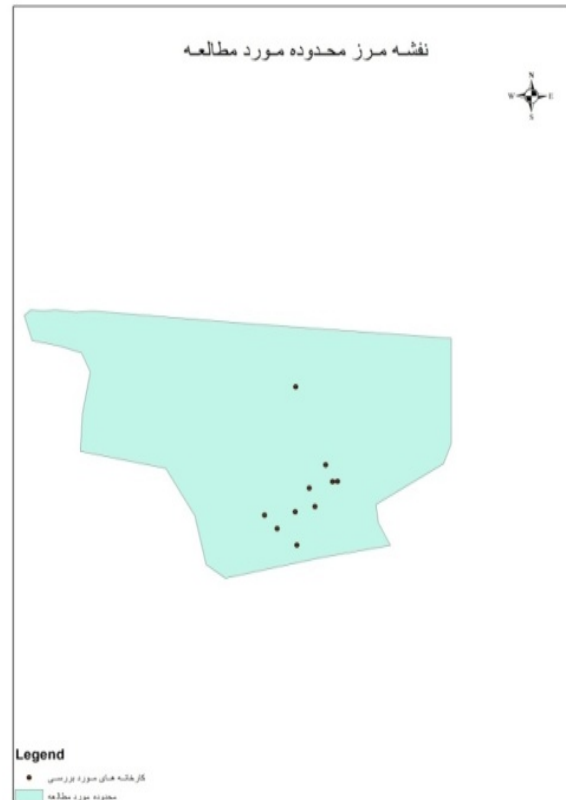
λ_j اوزان ذهنی است در صورتی که اوزان ذهنی (قضاوتی) موجود نباشد، مرحله ۵ منتفی است. همچنین، در روش آنتروپی، مثبت یا منفی بودن شاخص‌ها، تأثیری در روش محاسبه وزن‌ها نخواهد داشت (مؤمنی، ۱۳۸۹). بنابراین، در این تحقیق گام آخر به کار نرفته است. از حاصل ضرب ماتریس بی‌مقیاس‌شده در ماتریس مربعی که عناصر قطر اصلی آن اوزان شاخص‌های به‌دست‌آمده طبق روش آنتروپی و دیگر عناصر آن صفر است، ماتریس بی‌مقیاس موزون به دست آمد. در ادامه ایده‌آل مثبت و منفی هر شاخص مشخص شد (بدین صورت که برای شاخصی با جنبه مثبت، ایده‌آل مثبت، بزرگ‌ترین مقدار v و بر عکس برای شاخصی با جنبه منفی، ایده‌آل مثبت کوچک‌ترین مقدار ماتریس است. همچنین، ایده‌آل منفی برای شاخص مثبت، کوچک‌ترین مقدار ماتریس v و ایده‌آل منفی برای شاخص منفی نیز بزرگ‌ترین مقدار ماتریس v است) و فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی با روش Topsis، که در توضیح روش در بالا ذکر شده است، به دست آمد. سپس، نزدیکی نسبی گزینه به راه‌حل ایده‌آل (CL) محاسبه و در نتیجه رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام گرفت. مقدار CL بین صفر و یک است. هر چه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد، راهکار به جواب ایده‌آل نزدیک‌تر و بهتر است.

در نهایت، نتایج به‌دست‌آمده از روش TOPSIS در تلفیق با روش چک لیست، برای رتبه‌بندی گزینه‌ها و تعیین مهم‌ترین پیامدهای محیط‌زیست کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی به کار گرفته شد. بعد از حصول نتایج روش‌ها در خاتمه بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، راهکارهای تقلیل آثار سوء ارائه شد.

۳. نتایج

در فصل نتایج ابتدا محدوده مطالعاتی تعیین شده را، که منطقه محمدآباد قهاب شهرستان اصفهان است، نشان می‌دهیم. این محدوده در شکل زیر آمده است.

نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری‌های آلودگی هوا در زمستان در جدول زیر آمده است. کارخانه‌هایی که سوخت مصرفی نفت دارند میزان ذرات معلق و مونو اکسید کربن دودکش آن‌ها بالاتر است. با توجه به تجزیه و تحلیل به‌دست‌آمده از نرم‌افزار spss نشان می‌دهد که میزان ذرات معلق از میزان استاندارد ذرات معلق بیشتر و میزان مونو اکسید کربن از مقدار استاندارد برای این گاز کمتر است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از سنجش صوت کارخانه‌ها که در جدول زیر آمده، ایستگاه ۲ که ضلع مرکز کارخانه است میزان صوت بیشتری نسبت به دو ایستگاه ضلع ورودی و خروجی کارخانه دارد. همچنین، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از نرم‌افزار spss و مقایسه میانگین هر ایستگاه به طور جداگانه با استاندارد صدا در مناطق صنعتی، میانگین صوت هر سه ایستگاه در هر کارخانه کمتر از مقدار استاندارد است.



نقشه ۱. محدوده مورد مطالعه

جدول ۱. نمونه‌برداری مونو اکسید کربن بر حسب PPM و ذرات معلق بر حسب Mg/m^3 و سوخت مصرفی کارخانه‌ها در زمستان

سوخت مصرفی زمستان	ذرات معلق زمستان (Mg/m^3)	مونو اکسید کربن زمستان (PPM)	ایستگاه‌های نمونه‌برداری
گاز	۱۴۹/۲۴	۳۶۱	۱
گاز	۱۸۵/۱۴	۲۰	۲
نفت سیاه	۳۰۳/۴۵	۱۲۰	۳
نفت سیاه	۱۷۹/۹۱	۵۷۷	۴
نفت سیاه	۱۸۰/۶	۱۵۴	۵
گاز	۷۸/۴۷	۱۲۱	۶
نفت سیاه	۱۵۶/۴۵	۱۲۱	۷
نفت سیاه	۱۹۲/۷۱	۴۱	۸
نفت سیاه	۲۰۱/۱۵	۱۱۹	۹
نفت سیاه	۱۵۳/۷۰	۳۰۳	۱۰

گونه‌ها؛ ۳. پوشش گیاهی؛ ۴. پرندگان؛ ۵. گونه‌های کمیاب؛ ۶. موجودات خاکی.

* محیط فیزیکی - شیمیایی شامل: ۱. آلودگی صدا؛ ۲. فرسایش خاک؛ ۳. تخریب خاک؛ ۴. رانش زمین؛ ۵. تخریب کوه‌ها؛ ۶. استفاده اراضی؛ ۷. پسماند؛ ۸. روغن ماشین‌آلات؛

۹. CO؛ ۱۰. NO؛ ۱۱. NO₂؛ ۱۲. SO_x؛ ۱۳. PM

پس از تعیین محدوده مطالعاتی و بازدید کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی و نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش هوا و صوت، آثار کوره‌های آجرپزی را با استفاده از چک لیست سنجشی همترازی شناسایی و پیش‌بینی می‌کنیم که در زیر آمده است.

* محیط اکولوژی شامل: ۱. حیات وحش؛ ۲. تنوع

جدول ۲. اندازه‌گیری صوت در کوره‌های آجرپزی بر حسب db

کارخانه	ایستگاه ۱ ضلع ورودی کارخانه	ایستگاه ۲ ضلع مرکز کارخانه	ایستگاه ۳ ضلع خروجی کارخانه
۱	۵۳	۵۷/۷	۵۱/۳
۲	۵۱	۵۷/۱	۵۰/۲
۳	۵۱/۲	۵۷/۳	۵۰/۱
۴	۵۲	۵۷/۶	۵۰/۶
۵	۵۱/۳	۵۷/۳	۵۰/۴
۶	۵۱/۴	۵۷/۶	۵۱/۷
۷	۵۱/۵	۵۷/۵	۵۱/۵
۸	۵۰	۵۷	۵۰/۲
۹	۵۱/۲	۵۷/۲	۵۰/۸
۱۰	۵۱/۸	۵۷/۶	۵۱/۲

به‌دست‌آمده از این روش تکمیل کردیم. همان‌طور که در پایین مشاهده می‌شود این جدول دارای چند ستون است که در ستون اول معیارهایی را که از ساختار سلسله‌مراتبی با توجه به هدف مورد مطالعه به دست آوردیم می‌نویسیم و در ستون دوم وزن هر معیار نسبت به هدف، همچنین وزن هر زیرمعیار نسبت به معیار خودش که از نرم‌افزار EC حاصل شد نوشته می‌شود. در ستون داده‌های خام وزن هر گزینه نسبت به معیار موردنظر که از نرم‌افزار EC به دست آوردیم نوشته شد. سپس، ستون مقیاس‌دهی شده را از تقسیم داده‌های خام هر گزینه موردنظر بر بیشترین مقدار داده خام در گزینه‌ها به دست آوردیم و در نهایت شاخص کل از مجموع حاصل ضرب وزن معیارها در مقیاس معیارها در هر گزینه به دست آمد. با توجه به جدول زیر و وزن هر زیرمعیار نسبت به معیار موردنظر، در مورد معیار آلودگی هوا مقدار ذرات معلق بیشترین مقدار زیرمعیار را برای آلودگی هوا دارند و برای معیار آلودگی خاک زیرمعیار پسماندها دارای بیشترین مقدار وزن‌اند. همچنین، با بررسی هر گزینه نسبت به هر معیار ذرات معلق و تخریب خاک دارای بیشترین مقدار وزن نسبت به گزینه اجرا با پایش و اصلاحات‌اند و معیار اشتغال دارای بیشترین وزن برای گزینه اجرا بدون پایش و اصلاحات است. همچنین، تولید مصالح نیز دارای وزن بیشتری در گزینه اجرا بدون پایش و اصلاحات است. در گزینه اجرا با پایش و اصلاحات، معیار اشتغال و تولید مصالح دارای وزن کمتری است که

* محیط منابع انسانی شامل: ۱. تولید مصالح؛ ۲. اشتغال؛ ۳. خانه‌سازی؛ ۴. سواد؛ ۵- تمرکز جمعیت؛ ۶. تردد ماشین‌آلات؛ ۷. بهداشت عمومی؛ ۸. تنفس؛ ۹. امراض میکروبی.

* محیط زیباشناسی شامل: ۱. موارد صنعتی؛ ۲. ویژگی بیوگرافی؛ ۳. مواد سطحی؛ ۴. شکل زمین؛ ۵. بو؛ ۶. دید. با توجه به مراحل روش ذکرشده، برای تعیین معیارهای اثرگذار در محیط‌های گانه با استفاده از چک لیست سنجشی همترازی و فرمول کوکران تعداد جامعه آماری را مشخص می‌کنیم که حجم نمونه آماری حدود ۲۷ نفر است. پرسشنامه دلفی را با توجه به آثار پیش‌بینی‌شده در فاز بهره‌برداری پروژه تنظیم می‌کنیم، سپس در اختیار کارشناسان خبره قرار می‌دهیم. با تجزیه و تحلیل آثار و با توجه به شدت و اهمیت آن‌ها ۱۵ اثر انتخاب شدند. سپس، برای تعیین EQ یا کیفیت محیط‌زیست آثار شاخص در روش چک لیست سنجشی همترازی، باید به آن‌ها وزن دهیم که با استفاده از روش AHP این کار صورت می‌گیرد. نمودار سلسله‌مراتبی را با توجه به مهم‌ترین آثار محیط‌زیستی کوره‌های آجرپزی که از پرسشنامه دلفی استخراج شد رسم می‌کنیم. سپس، برای وزن‌دهی به آثار که در مراحل بعد، وزن معیارها در جدول چک لیست سنجشی همترازی کاربرد دارد، از نرم‌افزار Expert Choise استفاده می‌کنیم. جدول چک لیست سنجشی همترازی را با توجه به روش مورد مطالعه در تحقیق و اطلاعات

طریق جدول مقایسه‌های زوجی وارد نرم‌افزار شد، به دست آمد.

مجموع حاصل ضرب وزن هر معیار در مقیاس معیارها در گزینه اول یا گزینه اجرا با پایش و اصلاحات عدد ۲/۷۷۲ به دست آمد. مجموع حاصل ضرب وزن هر معیار در مقیاس معیارها در گزینه دوم یا گزینه اجرا بدون پایش و اصلاحات عدد ۰/۵۴۱ حاصل شد که از مجموع این دو عدد شاخص کل به دست می‌آید.

$$۳/۳۱۳ = \text{شاخص کل}$$

نشان‌دهنده اهمیت کم گزینه اجرا با پایش و اصلاحات نسبت به این معیارهاست و با توجه به نتایج به دست آمده از نرم‌افزار EC و جدول پایین، گزینه اول که اجرا با پایش و اصلاحات است بیشترین وزن را دارد. در معیارها آلودگی هوا، تخریب خاک، رانش خاک، اشتغال و بهداشت دارای بیشترین وزن نسبت به هدفاند در نتیجه، این معیارها اثر محیط‌زیستی بیشتری نسبت به بقیه معیارها دارند و پارامترهای محیط‌زیستی مهم‌تری به شمار می‌روند که این نتایج با توجه به آزمایش‌های صورت گرفته (معیارهای آلودگی هوا و آلودگی صوت) و دیدگاه کارشناسان، که از

جدول ۳. چک لیست سنجشی همترازی

گزینه ۲			گزینه ۱			وزن	معیار
وزن دهی شده	مقیاس دهی شده	داده‌های خام	وزن دهی شده	مقیاس دهی شده	داده‌های خام		
۰/۰۱۱	۰/۱۱۵	۰/۱۰۴	۰/۰۹۹	۰/۹۹۵	۰/۸۹۶	۰/۱۰۰	آلودگی هوا
۰/۰۴۰	۰/۱۲۳	۰/۱۱۱	۰/۳۲۸	۰/۹۸۷	۰/۸۸۹	۰/۳۳۳	CO
۰/۰۷۴	۰/۱۱۱	۰/۱۰۰	۰/۶۶۷	۱	۰/۹۰۰	۰/۶۶۷	PM
۰/۰۰۶	۰/۱۵۱	۰/۱۳۶	۰/۰۴۲	۰/۹۶	۰/۸۶۴	۰/۰۴۴	آلودگی خاک
۰/۱۰۳	۰/۱۳۸	۰/۱۲۵	۰/۷۲۹	۰/۹۷۲	۰/۸۷۵	۰/۷۵۰	پسماند
۰/۰۴۶	۰/۱۸۵	۰/۱۶۷	۰/۲۳۱	۰/۹۲۵	۰/۸۳۳	۰/۲۵۰	روغن ماشین‌آلات
۰/۰۰۷	۰/۳۷	۰/۳۳۳	۰/۰۱۴	۰/۷۴۱	۰/۶۶۷	۰/۰۱۹	آلودگی صدا
۰/۰۱۵	۰/۱۱۱	۰/۱۰۰	۰/۱۴۰	۱	۰/۹۰۰	۰/۱۴۰	تخریب خاک
۰/۰۱۵	۰/۱۸۵	۰/۱۶۷	۰/۰۷۹	۰/۹۲۵	۰/۸۳۳	۰/۰۸۶	فرسایش خاک
۰/۰۱۶	۰/۱۳۸	۰/۱۲۵	۰/۱۱۹	۰/۹۷۲	۰/۸۷۵	۰/۱۲۳	رانش خاک
۰/۰۰۹	۰/۱۸۵	۰/۱۶۷	۰/۰۴۹	۰/۹۲۵	۰/۸۳۳	۰/۰۵۴	تصاحب اراضی
۰/۰۰۸	۰/۲۷۷	۰/۲۵۰	۰/۰۲۴	۰/۸۳۳	۰/۷۵۰	۰/۰۲۹	از بین رفتن موجودات خاکزی
۰/۰۱۱	۰/۲۲۲	۰/۲۰۰	۰/۰۴۷	۰/۸۸۸	۰/۸۰۰	۰/۰۵۳	از بین رفتن پوشش گیاهی
۰/۰۱۱	۰/۳۷	۰/۳۳۳	۰/۰۲۱	۰/۷۴۱	۰/۶۶۷	۰/۰۲۹	از بین رفتن حیات وحش
۰/۰۱۷	۰/۸۳۳	۰/۷۵۰	۰/۰۰۵	۰/۲۷۷	۰/۲۵۰	۰/۰۲۱	تمرکز جمعیت
۰/۰۹۸	۰/۹۷۲	۰/۸۷۵	۰/۰۱۳	۰/۱۳۸	۰/۱۲۵	۰/۱۰۱	اشتغال
۰/۰۲۹	۰/۹۲۵	۰/۸۳۳	۰/۰۰۶	۰/۱۸۵	۰/۱۶۷	۰/۰۳۲	تولید مصالح
۰/۰۰۸	۰/۲۴۶	۰/۲۲۲	۰/۰۲۹	۰/۸۶۴	۰/۷۷۸	۰/۰۳۴	شکل زمین
۰/۰۱۷	۰/۱۳۱	۰/۱۱۸	۰/۱۳۰	۰/۹۸	۰/۸۸۲	۰/۱۳۳	بهداشت

ابتدا کمی‌سازی معیارها انجام و از تکنیک آنتروپی برای وزن دهی استفاده می‌شود. سپس، بی‌مقیاس‌سازی آن‌ها صورت می‌گیرد و میزان اطمینان را به دست می‌آوریم که در جدول پایین آمده است.

با توجه به نتایج حاصل از نرم‌افزار EC گزینه اجرا با پایش و اصلاحات بیشترین وزن را دارند. بعد از کاربرد دو روش چک لیست سنجشی همترازی و AHP، از روش TOPSIS برای اطمینان از نتایج به دست آمده استفاده شد.

جدول ۴. کتی سازی معیارها در روش TOPSIS

معیارها	CO	PM	پسماند	روغن	آلودگی صدا	تخریب خاک	رانش خاک	فرسایش خاک	تصاحب اراضی	تخریب پوشش گیاهی	از بین رفتن حیات وحش	از بین رفتن موخودات خاکری	شکل زمین	تولید+ مصالح	تعمیر+ جمعیت	اشتغال	بهداشت
گزینه‌ها																	
اجرا با پایش	۳	۰	۳	۴	۴	۰	۴	۳	۳	۵	۶	۷	۴	۰	۳	۲	۰
اجرا بدون پایش	۷	۱۰	۷	۶	۷	۱۰	۷	۸	۹	۶	۵	۵	۸	۱۰	۵	۱۰	۱۰

جدول کتی سازی معیارها که با جداول مقیاس دوقطبی فاصله‌ای به دست آوردیم، برای شاخص‌های منفی ذرات معوق، تخریب خاک و بهداشت بیشترین عدد را دارند و برای شاخص‌های مثبت اشتغال و تولید مصالح بیشترین نمره را گرفتند که با توجه به آزمایش‌ها و بررسی‌های صورت گرفته چنین نتیجه‌ای به دست آمد. سپس، از تکنیک آنالیز برای به دست آوردن وزن معیارها استفاده می‌کنیم.

جدول ۵. بی مقیاس سازی نرم در مدل TOPSIS

$$P = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}}$$

معیارها	CO	PM	پسماند	روغن	آلودگی صدا	تخریب خاک	رانش خاک	فرسایش خاک	تصاحب اراضی	تخریب پوشش گیاهی	از بین رفتن حیات وحش	از بین رفتن موخودات خاکری	شکل زمین	تولید+ مصالح	تعمیر+ جمعیت	اشتغال	بهداشت
گزینه‌ها																	
اجرا با پایش	۰٫۳	۰	۰٫۳	۰٫۴	۰٫۳۶۴	۰	۰٫۳۶۴	۰٫۲۷۳	۰٫۲۵	۰٫۴۵۴	۰٫۵۴۵	۰٫۵۸۳	۰٫۳۳۳	۰	۰٫۳۷۵	۰٫۱۶۷	۰
اجرا بدون پایش	۰٫۷	۱	۰٫۷	۰٫۶	۰٫۶۳۶	۱	۰٫۶۳۶	۰٫۷۲۷	۰٫۷۵	۰٫۵۴۵	۰٫۴۵۴	۰٫۴۱۷	۰٫۶۶۶	۱	۰٫۶۲۵	۰٫۸۳۳	۱

جدول بالا مرحله ۱ تکنیک آنالیز است که این تکنیک برای به دست آوردن اوزان معیارها استفاده می‌شود. در مرحله ۱ از بی مقیاس سازی نرم با توجه به فرمولی که در بخش مواد و روش‌ها آمده است جدول بالا را به دست آوردیم.

جدول ۶. میزان اطمینان در تکنیک آنترویی $E_j = -K$

شاخص‌ها	CO	PM	پسماند	روغن	آلودگی صدا	تخریب خاک	رانش خاک	فرسایش خاک	تصاحب اراضی	تخریب پوشش گیاهی	حیات وحش	از بین رفتن خاکری	از بین رفتن موجودات	شکل زمین	مصلح + تولید	تخریب + جمعیت	+ اشتغال	بهداشت
مقدار	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}	
اطمینان	۰/۸۸۲	۰	۰/۸۸۲	۰/۹۷۰	۰/۹۴۷	۰	۰/۹۴۷	۰/۸۴۵	۰/۸۱۱	۰/۹۹۴	۰/۹۹۴	۰/۹۸۰	۰/۹۱۹	۰	۰/۹۵۵	۰/۶۵۱	۰	

در جدول بالا میزان اطمینان را با توجه به فرمول روبه‌روی آن به دست آوردیم. عدد P از جدول بی‌مقیاس‌سازی و عدد K که ثابت است با توجه به فرمول در بخش روش‌ها به دست آمد.

جدول ۷. درجه انحراف یا بی‌اطمینانی در تکنیک آنترویی $d_j = 1 - E_j$

شاخص‌ها	CO	PM	پسماند	روغن	آلودگی صدا	تخریب خاک	رانش خاک	فرسایش خاک	تصاحب اراضی	تخریب پوشش گیاهی	حیات وحش	از بین رفتن خاکری	از بین رفتن موجودات	شکل زمین	مصلح + تولید	تخریب + جمعیت	+ اشتغال	بهداشت
درجه	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}	d_{11}	d_{12}	d_{13}	d_{14}	d_{15}	d_{16}	d_{17}	
انحراف	۰/۱۱۸	۱	۰/۱۱۸	۰/۰۳	۰/۰۵۳	۱	۰/۰۵۳	۰/۱۵۵	۰/۱۸۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۸۱	۱	۰/۰۴۵	۰/۳۴۹	۱	

جدول درجه انحراف یا بی‌اطمینانی نیز با استفاده از فرمول روبه‌رو به دست آمده است که مقدار E_j یا عدد اطمینان از جدول ۶ در فرمول درجه انحراف قرار می‌گیرد.

جدول ۸. محاسبه اوزان در تکنیک آنترونی

شاخص‌ها	CO	PM	پسماند	روغن	آلودگی صدا	تخریب خاک	رانش خاک	فرسایش خاک	تصاحب اراضی	تخریب پوشش گیاهی	از بین رفتن حیات وحش	از بین رفتن موجودات خاکزی	شکل زمین	تولید مصالح	تجمعیت تمرکز +	اشتغال +	بهداشت
	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈	W ₉	W ₁₀	W ₁₁	W ₁₂	W ₁₃	W ₁₄	W ₁₅	W ₁₆	W ₁₇
محاسبه																	
اوزان (W)	۰/۰۱۹	۰/۱۶۳	۰/۰۱۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۰/۱۶۳	۰/۰۰۹	۰/۰۲۵	۰/۰۳۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳	۰/۱۶۳	۰/۰۰۷	۰/۰۵۷	۰/۱۶۳

در این مرحله وزنه‌های معیارها را با توجه به فرمول محاسبه اوزان در بخش روش‌ها به دست آوردیم که بیشترین وزن مربوط به ذرات معلق، تخریب خاک، تولید مصالح و بهداشت است.

جدول ۹. ماتریس بی‌مقیاس شده موزون در روش TOPSIS

$$V = N \times W_n * n$$

معیارها	CO	PM	پسماند	روغن	آلودگی صدا	تخریب خاک	رانش خاک	فرسایش خاک	تصاحب اراضی	تخریب پوشش گیاهی	از بین رفتن حیات وحش	از بین رفتن موجودات خاکزی	شکل زمین	تولید مصالح	تجمعیت تمرکز +	اشتغال +	بهداشت
گزینه‌ها																	
اجرا با پایش	۰/۰۰۶	۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰
اجرا بدون پایش	۰/۰۱۳	۰/۱۶۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۱۶۳	۰/۰۰۶	۰/۰۱۸	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۰/۱۶۳	۰/۰۰۴	۰/۰۴۷	۰/۱۶۳

ماتریس بی‌مقیاس شده را در ماتریس قطبی اوزان معیارها، که وزنه‌ها از تکنیک آنترونی به دست آمده است، ضرب می‌کنیم و نتایج حاصل همان ماتریس بی‌مقیاس شده موزون است که در جدول بالا آمده است.

جدول ۱۰. تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی در روش TOPSIS

معیارها	CO	PM	پسماند	روغن	آلودگی صدا	تخریب خاک	رائش خاک	فرسایش خاک	تصاحب اراضی	تخریب پوشش گیاهی	از بین رفتن حیات وحش	از بین رفتن موجودات خاکری	شکل زمین	تولید+ مصالح	تخریب+ جمعیت	+ اشتغال	بهداشت
ایده‌آل مثبت	۰/۰۰۶	۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۱۶۳	۰/۰۰۴	۰/۰۴۷	۰
ایده‌آل منفی	۰/۰۱۳	۰/۱۶۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۱۶۳	۰/۰۰۶	۰/۰۱۸	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۱۶۳

در جدول ۱۰ بهترین مقادیر معیارهای منفی در راه‌حل ایده‌آل مثبت کمترین مقادیر است که در نتیجه معیارهای ذرات معلق، تخریب خاک و بهداشت به دست می‌آید. همچنین، بهترین مقادیر برای معیارهای مثبت در راه‌حل ایده‌آل مثبت بیشترین مقادیر است که برای معیارهای منفی کمترین مقادیر است. برای راه‌حل ایده‌آل مثبت بیشترین مقادیر و برای راه‌حل ایده‌آل منفی کمترین مقادیر است. تولید مصالح با کمترین مقادیر مثبت معیارهای مثبت بهترین مقادیر برای راه‌حل ایده‌آل منفی است. تخریب خاک و بهداشت بدترین راه‌حل برای ایده‌آل منفی است.

جدول ۱۱. محاسبه فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی در مدل TOPSIS

گزینه‌ها	گزینه ۱ (اجرا با پایش و اصلاحات)	گزینه ۲ (اجرا بدون پایش و اصلاحات)
فاصله هر گزینه از ایده‌آل‌ها		
فاصله از ایده‌آل مثبت	۰/۱۶۵	۰/۲۸۰
فاصله از ایده‌آل منفی	۰/۲۸۰	۰/۱۶۵

دودکش به صورت برخورد آبشاری یا (cascade impactor) مشخص شدند. همچنین، آثار انتشارات مختلف روی محیط کیفیت هوا (CO, SO₂, PM) و جریان رسوب خشک ذرات معلق بررسی شد که نشان می‌دهد دی اکسید گوگرد بالاترین آلاینده بحرانی به شمار می‌رود. البته سوخت کوره‌ها زغال است، اما در تحقیق حاضر سوخت مصرفی نفت سیاه و گاز است. بررسی تحقیق حاضر روی ذرات معلق و مونو اکسید کربن است که ذرات معلق با توجه نمونه‌برداری‌های صورت گرفته و تحلیل آن‌ها و نتایج به دست آمده بیشتر از حد مجاز است. همچنین، فریده عتابی و همکاران در سال ۸۹ تحقیقی با عنوان «ارائه برنامه مدیریت زیست محیطی کوره‌های آجرپزی قم» انجام دادند که هدف اصلی این تحقیق ارائه برنامه مدیریت محیط زیست کوره‌های آجرپزی قم از طریق تعیین میزان غلظت گازهای خروجی از آن‌ها و آسیب‌های محیط زیست ناشی از مصرف سوخت و برداشت خاک و عملکرد کوره‌های سنتی و هوفمن است. آلاینده‌های خروجی دودکش‌های کوره‌های سنتی و هوفمن از طریق دستگاه DELTA 2000 آزمایش و مقایسه شدند. به منظور سنجش آلاینده‌های محیطی محدوده مطالعاتی، ابتدا ۱۰ نقطه به منزله ایستگاه‌های ثابت اندازه‌گیری مشخص شدند. سپس، در ۱۲ نوبت مراجعه به منطقه (به صورت ماهانه) از فروردین تا اسفند ۱۳۸۳ از طریق دستگاه آنالایزر محیطی BABUC/A اندازه‌گیری‌های لازم در خصوص آلاینده‌های SO₂, CO, NO₂, O₃ انجام گرفت. مقایسه میزان آلاینده‌های خروجی از دودکش کوره‌های سنتی و هوفمن، به سنجش آلاینده‌های CO و SO₂ به وسیله دستگاه آنالایزر DELTA ۲۰۰۰ منجر شد. با استفاده از این دستگاه آلاینده‌های فوق در ۲۰ مورد از کوره‌های سنتی و ۲۰ مورد از کوره‌های هوفمن سنجش شدند.

نتایج این تحقیق نشان داده که مقدار CO و SO₂ در کوره‌های سنتی بیشتر از کوره‌های هوفمن است. با اندازه‌گیری آلاینده‌ها و مقایسه آن‌ها با استانداردها و

مقدار CI بین صفر و یک است. هر چه این مقدار به ۱ نزدیک‌تر باشد، راهکار به جواب ایده‌آل نزدیک‌تر و بهتر است. این مقادیر عبارت‌اند از:

$$\frac{0.280}{0.280 + 0.165} = CI_1 = 0.629$$

$$CI_1 > CI_2$$

$$\frac{0.165}{0.165 + 0.280} = CI_2 = 0.370$$

با توجه به میزان وزن‌ها در تکنیک آنتروپی برای شاخص‌ها با جنبه منفی ذرات معلق، تخریب خاک و بهداشت بیشترین وزن و برای شاخص‌ها با جنبه مثبت تولید مصالح و اشتغال وزن بیشتری دارند. در نتیجه گزینه ۱ یعنی اجرا با پایش و اصلاحات به جواب ایده‌آل نزدیک‌تر و راهکار بهتری نسبت به گزینه ۲ یعنی اجرا بدون پایش و اصلاحات است. یعنی گزینه اول به عدد ۱ نزدیک‌تر است بنابراین، باید برای ادامه فعالیت کوره‌های آجرپزی منطقه محمدآباد قهاب طی بررسی‌های صورت گرفته پایش و اصلاحات داشته باشیم به خصوص با توجه به میزان آلودگی‌ها و تخریب خاک، اصلاحات باید بیشتر در این زمینه باشد. در معیارها تمرکز جمعیت، اشتغال و تولید مصالح جزء شاخص‌های با جنبه مثبت و بقیه معیارها جزء شاخص‌های منفی در نظر گرفته می‌شوند. در نتیجه باید گزینه اجرا و پایش و اصلاحات شاخص‌های منفی به طور جدی‌تری بررسی شوند و شاخص‌های منفی بر آثار محیط زیست جنبه منفی دارند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با مقایسه نتایج به دست آمده با مقالات مرتبط با تحقیق، مقاله‌ای با موضوع «ارزیابی منظم آثار انتشارات کوره‌های آجرپزی روی کیفیت هوا» از سوی هوآنگ آن لی و گوین تی کیم در سال ۲۰۰۹ در تایلند نوشته شد که در آن انتشار متنوعی از آلاینده‌های مهم هوا طی دوره پخت آجر و بین کوره‌ها مشخص شدند. توزیع اندازه انتشار ذرات معلق در

سیاه است باعث آلودگی بیشتری در محیط می‌شوند. آلودگی خاک در محیط تحت تأثیر کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی اثر منفی دیگری است، روغن ماشین‌آلات و سوخت‌های مصرفی که روی خاک ریخته می‌شوند و ضایعات، نخاله‌ها و پسماندهای تولیدشده از کارخانه‌ها از آثار منفی کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی به شمار می‌روند. بهداشت و تنفس همچنین از آثاری که کوره‌های آجرپزی در صورت رعایت نکردن نکات ایمنی و بهداشتی دارند امراض میکروبی و تنفسی در منطقه است. گرد و خاک هوا به علت خاکی‌بودن جاده دسترسی و برداشت خاک از منطقه و آلودگی هوا همگی روی سلامت و بهداشت جامعه در منطقه تأثیرات منفی دارند. از آثار مثبت کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی می‌توان به اشتغال اشاره کرد و تمرکز جمعیت و تولید مصالح از آثار دیگر این کوره‌ها در منطقه است. ایجاد کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی و نیاز به نیروهای بومی در این کوره‌ها باعث اشتغال در منطقه می‌شود. با ایجاد هر صنعتی، به علت ایجاد اشتغال و امکاناتی که به وجود می‌آید جمعیت در اطراف آن پدیدار می‌شود. کوره‌های آجرپزی نیز باعث تمرکز جمعیت در منطقه شده‌اند. در مرحله بهره‌برداری کوره‌های آجرپزی آلودگی هوا ناشی از فعالیت کوره‌ها چشمگیر است. نمونه‌برداری صورت‌گرفته و نتایج حاصل نشان‌دهنده این است که ذرات معلق بیشترین مقدار آلودگی را در نمونه‌برداری از دودکش کارخانه‌ها دارند. همچنین، مقایسه مقدار نمونه‌ها با استانداردهای محیط‌زیست کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی نشان‌دهنده این است که میزان ذرات معلق بعضی از کوره‌ها از میزان استاندارد محیط‌زیست بالاتر است.

پیشنهادها

به منظور بررسی راندمان اقدامات اصلاحی پیشنهادی و ارزیابی آثار غیرقابل پیش‌بینی پروژه نیاز به برقراری سیستم مدیریت محیط‌زیست است که با تکیه بر برنامه مدرن

ضوابط محیط‌زیست مشخص شد که این کوره‌ها آلاینده محیط‌زیست به شمار می‌روند و فعالیت آن‌ها مغایر با ضوابط محیط‌زیست است. در تحقیق صورت‌گرفته حاضر و اندازه‌گیری نمونه‌ها، که شاخص‌های مورد بررسی مونو اکسید کربن و ذرات معلق‌اند، و در زمستان از ۱۰ کارخانه صورت گرفت، ذرات معلق با دستگاه Iso stack گرفته و به روش وزن‌سنجی اندازه‌گیری شدند. مونو اکسید کربن با دستگاه Testo350 -xl گرفته و با روش سنسور الکتروشیمیایی میزان آن مشخص شد که نشان می‌دهد مقدار پارامتر ذرات معلق از حد استاندارد بالاتر است که با توجه به میانگین گرفته‌شده بین کوره‌های مورد بررسی به دست آمده، میانگین مونو اکسید کربن کمتر از حد استاندارد است. همچنین، با توجه به بررسی عملکرد کوره‌ها و بررسی آثار محیط‌زیست به این نتیجه رسیدیم که این کوره‌ها آلاینده محیط‌زیست محسوب می‌شوند و باید در عملکرد آن‌ها پایش و اصلاحات صورت گیرد. نکته دیگر اینکه کوره‌های مورد بررسی در این تحقیق از نوع هوفمن‌اند.

کارخانه‌های آجرپزی مورد بررسی در این تحقیق در مرحله بهره‌برداری‌اند، در نتیجه آثار محیط‌زیست را با توجه به روش‌های ذکرشده و نتایج شاخص به دست آمده از این روش‌ها بیان می‌کنیم. مهم‌ترین اثر محیط‌زیست با جنبه منفی که این کارخانه‌ها بر جای می‌گذارند تخریب خاک است، زیرا خاک جزو مواد اصلی و اولیه مصرفی در کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی به شمار می‌رود. تخریب خاک، فرسایش و رانش خاک را به دنبال خواهد داشت. با از بین رفتن بافت خاک و فرسایش آن موجودات خاکزی که حیات آن‌ها به خاک بستگی دارد از بین خواهند رفت. آلودگی هوا از آثار منفی شاخص کارخانه‌های کوره‌های آجرپزی است که با توجه به نمونه‌گیری‌های شکل‌گرفته و نتایج به دست آمده، ذرات معلق اثر منفی تری نسبت به بقیه فاکتورهای آلودگی هوا دارند و چون سوخت مصرفی اکثر کارخانه‌های مورد بررسی در زمستان نفت

- نظارت یا پایش (Monitoring)، تمامی پارامترهای تعیین‌شده و شاخص‌های مختلف را تحت کنترل دارد و وضعیت تغییرات محیط را با پیش‌بینی‌ها مقایسه می‌کند. برنامه پایش باید به طور معمول تغییرات را با استانداردها یا وضعیت قابل پذیرش مقایسه و نتایج به‌دست‌آمده را در قالب گزارش‌های لازم ارائه کند. آنچه کارخانه در مقدمه سیستم مدیریت محیط‌زیستی به آن نیاز دارد سیستم جامع مدیریت محیط‌زیستی است. در این رابطه استاندارد ISO 14001 به‌منزله ابزار قدرتمند و منعطف در دامنه کارخانه بسیار مؤثر خواهد بود. چند مورد از پیشنهادهای به صورت خلاصه در زیر بیان می‌شود:
- استفاده از ابزارهای اقتصادی؛
- ایجاد کمربند حاشیه‌ای فضای سبز حداقل به عرض ۱۰ متر پیرامون کارخانه؛
- استفاده از ماشین‌آلات با سوخت‌های جایگزین سوخت‌های فسیلی ناپاک؛
- به کارگیری تکنیک‌های تصفیه هوا در خروجی و دودکش‌های صنایع آلاینده هوا؛
- انتقال کوره‌های آجرپزی به مکان مناسب و ارائه تسهیلات لازم در خصوص محل جدید؛
- ترمیم آثار به‌جامانده از تخریب زمین؛
- استفاده از جایگزین‌های مناسب به جای آجر؛
- دستورالعمل جلوگیری از نشت و دفع مواد روغنی و سوختی به خاک.

منابع

- ثالثی، ح. ۱۳۹۱. مطالعات منطقه شرق شهرستان اصفهان، فرمانداری استان اصفهان، گزارش علمی شماره ۱.
- راسخ، ع. ۱۳۸۹. آمار پیشرفته، انتشارات دانشگاه علوم و تحقیقات خوزستان.
- صادقی، ح؛ عظیمی، س. ۱۳۹۰. امکان‌سنجی تشکیل بازار اعتبارات بهره‌وری انرژی مطالعه موردی صنعت آجر، فصلنامه مطالعات اقتصاد/انرژی، ۲۹: ۸۳-۱۱۲.
- عتابی، ف؛ شریعت، م؛ منوری، م؛ رضایی عارف، م. ۱۳۸۹. «ارائه برنامه مدیریت زیست‌محیطی کوره‌های آجرپزی شهر قم»، مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۴: ۲۹-۴۰.
- قدسی‌پور، ح. ۱۳۸۴. فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، تهران.
- کعبی، ه. ۱۳۸۹. «آلودگی هوا اثر در انسان و محیط‌زیست»، مجله زیست‌نگار اصفهان، فصلنامه اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان اصفهان، شماره ۱، صص ۸-۱۱.
- منوری، م. ۱۳۸۷. ارزیابی آثار زیست‌محیطی، چاپ دوم، انتشارات میترا، تهران.
- مؤمنی، م. ۱۳۸۹. مباحث نوین تحقیق در عملیات، چاپ اول، انتشارات منصور مؤمنی، تهران.

Ishaq M,Khan M.A,jan F.A,Ahmad I.2009.Heavy metals in brick kiln located area using atomic absorption spectrophotometer:a case study from the city of peshawar,pakistan. Environ Monit Assess(2010),166:409- 420

Le H.A,Onah N.T.K.2009.Integrated assessment of brick kiln emission impact on air quality. Environ Monit Assess(2010),171:381-394

Pandhija S,Rai A.K.2008.Screening of brick-kiln area soil for determination of heavy metal pb using LIBs. Environ Monit Assess(2009),148:437- 447