محیط‌شناسی، دورهٔ ۴۰، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۳، صفحهٔ ۵۱۳-۴۹۹

بررسی آثار محیط‌زیستی کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان با استفاده از روش فازی TOPSIS

سیدعلی جوزی*[۱]، انوشه داراب‌پور[۲]

۱. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲. کارشناس ارشد مدیریت محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهرانdarabpour.a@gmail.com

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۸/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۲۷

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی آثار محیط‌زیستی کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان انجام شده است. بدین منظور منابع احتمالی آلودگی‌های محیط‌زیستی و تأثیرات سوء در کیفیت هوا، آب، خاک، محیط بیولوژیک، محیط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و در نهایت وضعیت ایمنی و سلامت کارکنان پیش‌بینی شد. در ادامه برای تعیین مقادیر آلاینده‌ها به اندازه‌گیری مؤلفه‌های محیط‌زیستی در دو نوبت مرداد و بهمن سال ۹۰ اقدام شد. مؤلفه‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ گازهای خروجی از یک دودکش مستقر در محوطهٔ کارخانه شامل H_2S، NO_X، NO، SO_2، O_2، CO، NO_2 و C_XH_Y، ذرات معلق خروجی از ۸ دودکش، ذرات معلق هوای محیط اطراف کارخانه، میزان سر و صدای محیطی در روز و شب و فاضلاب صنعتی خروجی از تصفیه‌خانه هستند. شایان یادآوری است از آنجا که فقط یک دودکش در مرحلهٔ پس از پخت گندله قرار دارد، یعنی جایی که حرارت وارد فرایند می‌شود و واکنش شیمیایی طی آن انجام می‌گیرد، اندازه‌گیری گازها نیز فقط از همان یک دودکش انجام شد. روش علمی استفاده‌شده در این تحقیق TOPSIS بوده که از جملهٔ روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است. لذا در قالب روش TOPSIS و به کمک نرم‌افزار Excel گزینه‌های پرسش‌نامه اولویت‌بندی شدند. در پایان نیز راهکارهای مدیریتی برای هر دسته از منابع آلوده‌کننده تدوین شد. از جملهٔ این راهکارها می‌توان به استفاده از سیستم‌های کنترل گازهای آلاینده در خروجی دودکش کوره، استفاده از انبارهای سرپوشیده برای کنترل ذرات انتشاریافته در اثر حمل و نقل مواد و انباشت و برداشت و رفع اکسید آهن از پساب با احداث حوضچه‌ای با شیب مناسب در قسمت زیر کانال‌ها اشاره کرد.

کلیدواژه

آلودگی هوا، بررسی آثار محیط‌زیستی، روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، روش TOPSIS، کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان، گندله‌سازی.

۱. سرآغاز

همراه افزایش توجهات عمومی نسبت به مسائل محیط‌زیستی -به ویژه در نیم قرن اخیر- و چالش‌هایی مثل: رشد جمعیت، فقر، اتمام منابع طبیعی و بروز انواع آلودگی‌ها، لزوم ایجاد نظام مدیریتی در محیط‌زیست، نمایان شده است. محیط‌زیست مجموعه‌ای بسیار عظیم و در هم پیچیده از عوامل گوناگونی است که در اثر روند و تکامل تدریجی موجودات زنده و اجزای سازندهٔ سطح

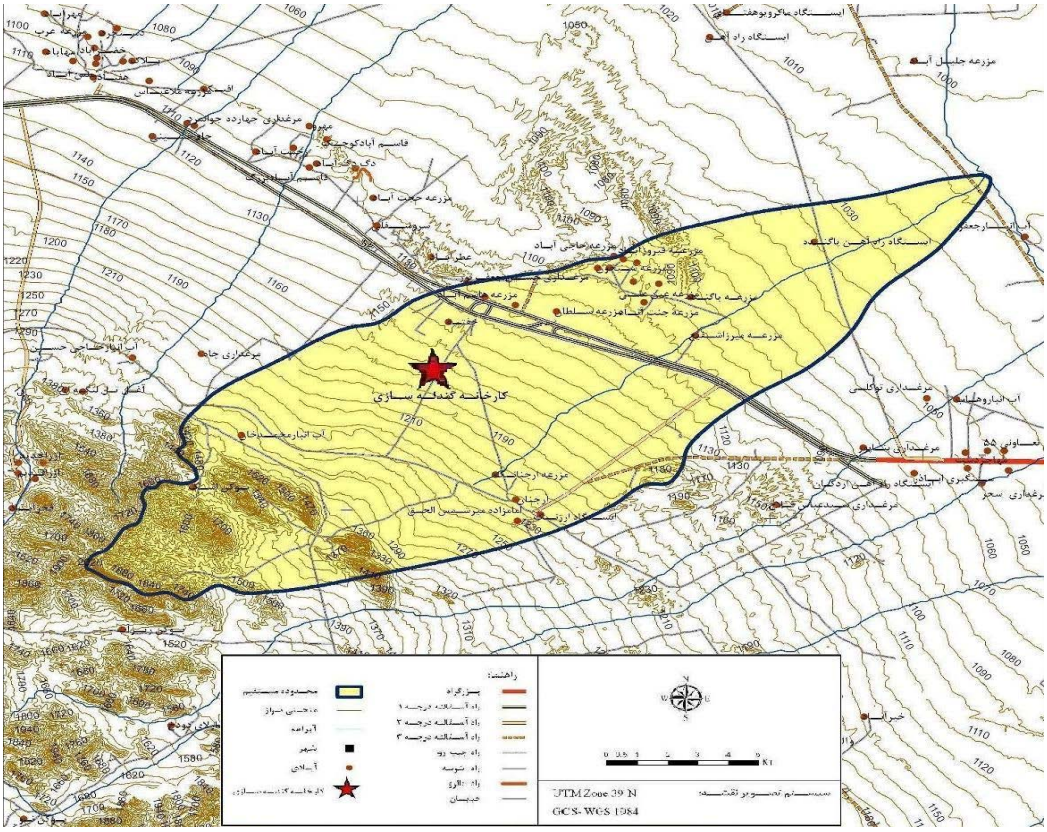
* نویسنده مسئول: تلفن تماس: ۰۹۱۲۶۱۹۴۶۷۶ Email: sajozi@yahoo.com

زمین به وجود آمده و در فعالیت‌های انسان تأثیر گذاشته است. تعاملات بین انسان و محیط‌زیست، سازمان‌ها و نهادهای اجتماعی را به سوی برنامه‌ریزی‌های سازگار با محیط‌زیست سوق داده است، زیرا تاکنون آشکار شده که توسعهٔ بدون برنامه‌ریزی میسر نخواهد بود و هر قدر برنامه‌ریزی بیشتر مبتنی بر واقعیات عینی و توان‌های بالقوهٔ طبیعی باشد، حصول به اهداف از پیش تعیین‌شدهٔ آن امکان‌پذیرتر می‌شود (شریعت و همکاران، ۱۳۷۵). مدیریت محیط‌زیستی در اجرای مؤثر وظایف خود، متکی بر اصول علمی و روش‌های کاربردی است که از طریق آن‌ها می‌تواند به اهداف عالی خود نایل آید. مدیران محیط‌زیستی باید توجه داشته باشند که «در هر شرایط خاص، اعمال شیوهٔ مقتضی آن شرایط، کارسازتر است و اگر مدیران به آن شیوهٔ مناسب دست یابند و در طراحی و ادارهٔ امور، شیوهٔ مبتنی بر اقتضا را به کار بندند، سازمان‌های خود را به سوی اثربخشی و کارایی بیشتر سوق می‌دهند». مدیریت محیط‌زیستی رویکردی است که مافوق پروژه‌ها عمل می‌کند و درصدد لحاظ‌کردن مسائل مربوط به محیط‌زیست در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌های استراتژیک است (اندرودی، ۱۳۸۰).

Renato A.Krohling در سال ۲۰۱۱ پژوهشی با عنوان «TOPSIS[1] فازی روشی برای تصمیم‌گیری گروهی، مطالعهٔ موردی: حوادث ریزش نفت در دریا» انجام داد که در آن آمده است در تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین رویکرد مبارزه با ریزش نفت در دریا باید گزینه‌های مختلف با ارزش‌های متفاوت ارزیابی شوند. نتایج نشان می‌دهد با استفاده از روش TOPSIS بهترین گزینه‌های مبارزه با حوادثی چون ریزش نفت را می‌توان یافت (Krohling, 2011).

Liu و همکاران در سال ۲۰۰۶ مقاله‌ای با عنوان ارزیابی حوزهٔ آبخیز تالاب و الویت‌بندی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS ارائه داده‌اند. در این مقاله آمده است، به طور گسترده‌ای ثابت شده که اکوسیستم‌های تالاب در سراسر جهان در معرض تهدید قرار دارند. در این مطالعه روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ TOPSIS، برای کمک به ارزیابی شرایط تالاب و اولویت احیای آن در آبخیز رودخانهٔ کلارنس به کار رفته است. این روش ابزار غربال‌گری را برای مدیران در انتخاب گزینهٔ بالقوه برای احیای تالاب‌ها در یک منطقه پیشنهاد داده است (liu, et al., 2006). بصیرت و همکاران مقاله‌ای با عنوان «انتخاب سیستم بهینهٔ آبیاری مزارع نیشکر خوزستان با استفاده از روش TOPSIS» انجام داده‌اند. در این تحقیق از مدل‌های بهینه‌سازی تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است تا یک گزینه از میان چهار گزینهٔ مختلف با توجه به ۱۲ شاخص فنی و اقتصادی مربوط انتخاب شود. داده‌های استفاده‌شده به روش پرسش‌نامه و مصاحبهٔ حضوری و برای دورهٔ ده ساله ۱۳۷۰– ۱۳۸۰ جمع‌آوری شده است. نتایج تحقیق نشان داد که بر اساس روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش بهینهٔ انتقال آب روش استفاده از کانال بتنی درجهٔ دو است (بصیرت و همکاران، ۱۳۸۵).

کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان با ظرفیت تولیدی ۳/۴ میلیون تن در سال، در زمینی به وسعت ۷۸۰ هکتار در نقطه‌ای با مختصات جغرافیایی ′۲۲،°۳۲ عرض شمالی و ′۴۷، °۵۳ طول شرقی و در ۲۵ کیلومتری جادهٔ اردکان– نائین واقع شده است. مواد اولیه یعنی کنسانترهٔ سنگ آهن از معدن چادرملو تأمین می‌شود. پس از آن کنسانترهٔ سنگ آهن به اجرام کروی به اندازهٔ تقریباً فندق به نام گندله تبدیل می‌شود که از این طریق قابلیت احیا و تبدیل‌شدن به چدن (آهن اسفنجی) را در کوره‌های احیا به دست می‌آورد. محصول نهایی کارخانه، یعنی گندله از حلقه‌های تشکیل‌دهندهٔ زنجیرهٔ صنعت تولید فولاد است که به‌منزلهٔ مواد اولیهٔ کارخانهٔ فولاد مبارکهٔ اصفهان، فولاد خراسان، فولاد ارفع و غدیر استفاده و گامی در جهت خودکفایی در کشور محسوب می‌شود. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محدودهٔ مطالعاتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت محدودهٔ مطالعاتی

۲. مواد و روش‌ها

بر اساس هدف تحقیق که مهم‌ترین آن بررسی آثار محیط‌زیستی کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان است طیفی از روش‌ها در این مطالعه به کار رفته است. این روش‌ها به طور کلی شامل روش‌های میدانی، کتابخانه‌ای و ابزاری چون آزمون، پرسش‌نامه، مصاحبه و جستجوی اینترنتی است. از ابزار استفاده‌شده در تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌توان به کاربرد نرم‌افزار SPSS در زمینهٔ تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از پرسش‌نامه‌ها و سنجش پارامترهای محیطی، نرم‌افزار GIS برای تهیهٔ نقشه‌های مورد نیاز و نرم‌افزار Excel مبتنی بر روش TOPSIS اشاره کرد.

۱.۲. آزمایش های انجام‌شده در بخش محیط زیستی کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان

به منظور اندازه‌گیری گازهای خروجی دودکش از دستگاه گازسنج Testo 350MXL[۲] و برای اندازه‌گیری ذرات معلق خروجی دودکش از دستگاه TCR[۳] استفاده شد. برای اندازه‌گیری پارامترهای پساب خروجی از دستگاه اسپکتروفتومتر، COD متر، انکوباتور BOD_5 و سایر دستگاه‌های مورد نیاز استفاده شد. از دستگاه TES برای اندازه‌گیری سر و صدای محیط و TSI Dust trak برای اندازه‌گیری ذرات معلق محیطی استفاده شد. در جدول ۱ موقعیت و زمان نمونه‌برداری آلاینده‌های کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان در قالب جدول ارائه شده است. شایان یادآوری است از آنجا که فقط یک دودکش در مرحلهٔ پس از پخت گندله قرار دارد، یعنی جایی که حرارت وارد فرایند می‌شود و واکنش شیمیایی طی آن انجام می‌گیرد اندازه‌گیری گازها نیز فقط از همان یک دودکش انجام شد. برای اندازه‌گیری آلودگی صوتی ایستگاه‌های اندازه‌گیری شمال، جنوب، غرب و شرق کارخانه مشخص شدند و یک بار در روز و یک بار در شب اندازه‌گیری در اطراف کارخانه انجام شد. ذرات معلق محیطی نیز در چهار

ایستگاه ضلع شمالی، جنوبی، شرقی و غربی اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱. موقعیت نمونه‌برداری برای تجزیه و تحلیل آلاینده‌های خروجی از دودکش‌ها (مرداد و بهمن ۱۳۹۰)

ردیف	محل نمونه‌برداری (ایستگاه)	نوع نمونه	
		گازها ppm	ذرات معلق mgr/m^3
۱	دودکش واحد EP		✓
۲	دودکش ۷۳۰GP1		✓
۳	دودکش ۷۳۰WS1		✓
۴	دودکش ۵۲۰WS1		✓
۵	دودکش ۲۱۰BF2		✓
۶	دودکش ۲۱۰ BF1		✓
۷	دودکش ۳۱۰BF3		✓
۸	دودکش ۷۴۰WS1		✓

[آزمایشگاه معتمد محیط‌زیست پایش‌پرداز محیط، ۱۳۸۹]

به منظور بررسی کیفیت پساب کارخانه آزمایش‌هایی روی پساب صنعتی و بهداشتی انجام شد.

۲.۲. شناسایی و اولویت‌بندی پارامترهای آلاینده در کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان

در این مرحله با مراجعه به محل کارخانه مصاحبه‌های هدایت‌شونده‌ای با کارشناسان و مدیران واحدهای مختلف به عمل آمد. سپس، آثار در سه دستهٔ کلی معیارهای محیط‌زیستی، بهداشتی و ایمنی- صنعتی دسته‌بندی شدند. در هر یک از این معیارها پارامترهایی مورد نظر است که با توجه به ویژگی‌های طرح انتخاب شدند. این پارامترها ملاک مقایسهٔ گزینه‌ها قرار گرفته‌اند. در مرحلهٔ بعدی پرسش‌نامه‌ای مرکب از ۳۳ سؤال طراحی شد. جامعهٔ آماری شامل کارشناسان و مدیران کارخانه و دفتر مرکزی است که ۵۵ نفر را در بر می‌گرفت. به منظور تعیین حجم نمونه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. سپس، با استفاده از رابطهٔ کوکران با پیش‌فرض‌های z=۱/۹۶ و p=q=۰/۵ و درصد خطای ۰/۰۷ نمونه‌ها به تعداد ۴۲ نفر به دست آمد. پس از آن پرسش‌نامه‌ها طی دو مرحله در محل کارخانه و دفتر مرکزی توزیع و از این میان ۱۰ پرسش‌نامه پس از مطالعه و بررسی دقیق به علت مخدوش‌بودن حذف و در نهایت ۳۲ پرسش‌نامه به دست آمد که نتایج آن آنالیز و بررسی شد.

$$n = \frac{nZ^2pq}{Nd^2 + Z^2pq} \qquad (1)$$

در این رابطه: n=حجم نمونه، N=حجم جامعه، P=احتمال موفقیت، z=ضریب اطمینان، d=درصد خطا

برای تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از پرسش‌نامه از نرم‌افزار SPSS 17 استفاده شد. بدین ترتیب که برای هر گزینه، فراوانی وزن یا اهمیت آن از دیدگاه پاسخ‌دهنده به دست آمد و سایر موارد آمار توصیفی مثل واریانس، انحراف معیار و میانگین محاسبه شد.

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد به منظور محاسبهٔ اولویت‌بندی پارامترهای آلاینده از مدل TOPSIS استفاده شد. این مدل از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است. در این روش m گزینه به وسیلهٔ n شاخص ارزیابی می‌شود.

اساس این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینهٔ انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص به طور یکنواخت افزایشی یا کاهشی است. حل مسئله با این روش شامل شش گام به شرح زیر است:

گام ۱. تشکیل ماتریس تصمیم (N)، کمّی‌کردن و بی‌مقیاس‌سازی آن: برای بی‌مقیاس‌سازی، از بی‌مقیاس‌سازی نورم استفاده می‌شود.

$$n_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^{2}}} \qquad (۲)$$

گام ۲. به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V): برای به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون، لازم است اوزان شاخص‌ها را داشته باشیم. این اوزان با روش آنتروپی به صورت زیر به دست می‌آیند.

(۳): محاسبهٔ P_{ij} $P_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}}$

(۴): محاسبهٔ مقدار آنتروپی E_i $E_j=-k$

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

(۵): محاسبهٔ مقدار بی‌اطمینانی $d_j=1-E_j$

(۶): محاسبهٔ اوزان $w_j=\frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}$

گام ۳. تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی: راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی به صورت زیر تعریف می‌شود:

[بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = راه‌حل ایده‌آل مثبت (V_j^+)

[بردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = راه‌حل ایده‌آل منفی (V_j^-)

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

(۷):

$$d_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij}-v_j^-)^2} \quad i=1,2,...,m$$

(۸):

$$d_i^+=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij}-v_j^+)^2} \quad i=1,2,...,m$$

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

$$CL_i^*=\frac{d_i^-}{d_h^-+d_i^+} \qquad (۹):$$

گام ۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها: هر گزینه‌ای که CL آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است (مؤمنی، ۱۳۸۹).

۳. نتایج

نتایج آزمایش‌های انجام‌شده روی آلاینده‌های هوا که در محل غبارگیر (EP)[۴] انجام گرفت حاکی از آن است که مطابق جدول ۲، میزان NO_X، CO_2، CO، O_2، NO، SO_2، NO_2 و H_2S مطابق با استاندارد بوده و فقط آلایندهٔ C_XH_Y خارج از استاندارد است. در خصوص اندازه‌گیری ذرات معلق هوا بر اساس جدول ۳ نتایج سنجش از دودکش واحد EP، دودکش ۷۳۰GP1 مربوط به جمع‌کنندهٔ ثقلی[۵]، دودکش‌های ۷۳۰WS1، ۵۲۰WS1 و ۷۴۰WS1 مربوط به غبارگیرهای مرطوب[۶]، دودکش‌های ۲۱۰BF2، ۲۱۰BF1 و ۳۱۰BF3 مربوط به غبارگیرهای کیسه‌ای[۷] حاکی از آن است که مقدار ذرات معلق پایین‌تر از محدودهٔ استاندارد آن یعنی ۲۵۰mgr/m^3 است. علاوه بر آن، نتایج اندازه‌گیری ذرات معلق در محیط اطراف کارخانه گویای آن است که میزان ذرات معلق در چهار ایستگاه سنجش پایین‌تر از حد استاندارد است (جدول ۴). نتایج ارزیابی پساب کارخانه نشان می‌دهد به جز مشخصه‌های اکسیژن محلول (DO)، pH، BOD_5 و COD مجموع مواد معلق (Tss) که نتایج آزمون نشان می‌دهد بالاتر از حد استاندارد و سایر مشخصه‌ها از جمله Cu، Oil & Grease، Fe و Zn در حد استاندارد یا پایین‌تر از آن قرار دارند. شایان یادآوری است، به علت زیادبودن نتایج آزمایش‌های کیفیت شیمیایی پساب کارخانه، در اینجا فقط به آوردن چند مورد اکتفا شد. نتایج ارزیابی صدا در محل کارخانه که در ۴ جهت یک بار در روز و یک بار در شب صورت گرفت و مقایسهٔ آن با استاندارد آلودگی صوتی محیط‌های صنعتی که در روز ۷۵dB و در شب ۶۵dB است، نشان داد که در تمام ایستگاه‌ها میزان صدا کمتر از حد مجاز است (جدول ۵).

جدول ۲. نوع و میزان متوسط اندازه‌گیری آلاینده‌های خروجی از دودکش EP

محل نمونه‌برداری (ایستگاه)	معدل میزان گازهای خروجی از دودکش واحد EP	واحد ppm	استاندارد
دودکش واحد EP	CO	۲	۴۳۵
	NO	۱۹۲	۵۰۰
	NO_2	۰	۵۰۰
	NOx	۱۹۲	۵۰۰
	SO_2	۱۳۷	۸۰۰
	H_2S	۰	۲۵
	C_XH_Y	۱۸۸۰	۰/۲۴

[دفتر حقوقی و امور مجلس سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۳]

جدول ۳. میزان متوسط اندازه‌گیری ذرات معلق خروجی از دودکش‌های تحت بررسی

محل نمونه‌برداری (ایستگاه)	میزان متوسط ذرات معلق خروجی از دودکش‌ها (mgr/m^3)	میزان استاندارد
دودکش واحد EP	۱/۵	۲۵۰
دودکش ۷۳۰GP1	۰/۳	
دودکش ۷۳۰WS1	۷/۵	
دودکش ۵۲۰WS1	۰	
دودکش ۲۱۰BF2	۰	
دودکش ۲۱۰ BF1	۰	
دودکش ۳۱۰BF3	۰/۷	
دودکش ۷۴۰WS1	۲/۳	

[دفتر حقوقی و امور مجلس سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۳]

جدول ۴. میزان متوسط غلظت ذرات معلق محیطی در اطراف کارخانه

ردیف	ایستگاه	میزان ذرات معلق محیطی ($\mu gr/m^3$)	میزان استاندارد اولیه	میزان استاندارد ثانویه
۱	ضلع شمال	۴۲	۲۶۰	۱۵۰
۲	ضلع جنوب	۴۱		
۳	ضلع شرق	۳۷		
۴	ضلع غرب	۴۱		

[دفتر حقوقی و امور مجلس سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۳]

جدول ۵. نتایج ارزیابی صدا در محل کارخانه (مربوط به اندازه‌گیری در روز)

ردیف	ایستگاه	مدت نمونه‌برداری بر حسب دقیقه	مقدار اندازه‌گیری‌شده dB	استاندارد dB
۱	ضلع شمالی	۳۰	۶۲/۱	۷۰
۲	ضلع جنوبی	۳۰	۵۶/۱	
۳	ضلع شرقی	۳۰	۶۴/۲	
۴	ضلع غربی	۳۰	۶۳/۲	

[دفتر حقوقی و امور مجلس سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۳]

۴. تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی آلاینده‌ها بر اساس روش TOPSIS

همان‌طور که پیش از این ذکر شد پس از پیش‌بینی آثار محیط‌زیستی کارخانه، پرسش‌نامه‌ای طراحی شد که بر اساس نتایج آن اولویت‌بندی آلاینده‌ها انجام گرفت (جدول ۶).

پس از اجرای ۶ گام روش TOPSIS برای ۷ دسته معیار و جمعاً ۳۳ پارامتر نتایج زیر به دست آمد که در ادامه نتایج این ۶ گام برای معیار هوا آمده است. شایان یادآوری است به علت زیادبودن معیارها و جدول‌های مربوط، فقط به همین یک مورد اکتفا شد.

بدین منظور فرایندها به طور جداگانه از نظر شاخص‌های ایمنی، بهداشتی و محیط‌زیستی بررسی شدند. گزینه‌ها بر اساس نظرهای کارشناسان و مدیران محیط‌زیست اولویت‌بندی شدند و نتایج به دست آمد. بر اساس اولویت‌بندی انجام‌شده در نتیجهٔ اجرای مدل TOPSIS و از میان ۶ گزینهٔ ارائه‌شده در معیار محیط‌زیستی هوا، غبارگیر EP دارای اولویت اول از لحاظ آلایندگی است. در اولویت‌های دوم و سوم به ترتیب کورهٔ دوار و انباشت و برداشت کنسانترهٔ سنگ آهن و سنگ آهک قرار گرفته است. EP بزرگ‌ترین فیلتر درکارخانه است که نقش غبارگیری دارد. در میان گازهای خروجی غلظت بالای هیدروکربن‌ها (C_XH_Y)، NO_X، NO_2، SO_2 و مقدار بالای ذرات معلق خروجی از دودکش آن سهم بسزایی در انتخاب این گزینه به عنوان رتبهٔ اول داشته است. با وجود

اینکه سوخت کوره از گـاز طبیعـی اسـت، دمـا و طراحـی مشعل کوره از پارامترهـایی اسـت کـه در میـزان گازهـای خروجی از کوره تأثیر بسزایی داشته اسـت، در نتیجـه ایـن گزینه در درجهٔ دوم اهمیت قرار دارد. علاوه بر آن، جهـت وزش باد در منطقه از شمال‌غربی به جنوب‌شرقی اسـت در نتیجه گرد و غبـار ناشـی از انباشـت و برداشـت کنـسانترهٔ سنگ آهن در سلامت کارکنان کارخانه می‌تواند نقش منفی داشته باشد. از این رو برای تقلیل آثار سوء ناشـی از آن در این مجموعـه نـازل‌هـای پرقـدرت آب‌پـاش[۸]، بـه منظـور مرطوب نگه‌داشتن سطح دپـوی کنـسانتره و جلـوگیری از پراکنده‌شدن غبار نصب شده است. با توجه به حجم بـالای انبار تعداد نازل‌ها ۱۴ عدد بوده است که برای تقویـت اثـر شربت ملاس چغنـدر پاشـیده مـی‌شـود. از میـان ۴ گزینـهٔ ارائه‌شده در معیار محیط‌زیـستی آب، آزمایـشگاه از لحـاظ آلایندگی آب دارای اولویت اول اسـت. در اولویـت دوم و سوم به ترتیب دفع فاضلاب بهداشتی کارکنـان کارخانـه و لجن‌های تصفیه‌خانهٔ فاضلاب صنعتی قرار گرفته اسـت. در واحد آزمایشگاه بسته به ماهیت و نوع مـواد مـصرفی و در اثـر شستـشوی ظـروف مربوطـه پـساب آن وارد شـبکهٔ فاضلاب می‌شـود کـه آلاینـدگی آب را بـه دنبـال خواهـد داشت، در نتیجه با توجه به اهمیت این موضوع این گزینـه رتبهٔ اول را بـه خـود اختـصاص داده اسـت. در خـصوص گزینهٔ دفع فاضـلاب بهداشـتی متناسـب بـا تعـداد نیـروی انسانی شاغل در زمان بهره بـرداری سیـستم (۳۰۰ تـا ۳۲۰ نفـر) تـصفیه‌خانـهٔ فاضـلاب بهداشـتی بـه روش هـوادهی مستقیم با ظرفیت ۹۰ متر مکعب در روز در حال کار است. بنابراین، اثر دفع فاضـلاب بهداشـتی کارکنـان کارخانـه در آلاینـدگی آب بـسیار نـاچیز خواهـد بـود. در خـصوص تصفیه‌خانهٔ فاضـلاب صـنعتی نیـز از آنجـا کـه سـطح آب زیرزمینی در محـدودهٔ طـرح بـسیار پـایین اسـت احتمـال آلودگی آب ناشی از لجن‌های تصفیه‌خانهٔ فاضلاب صـنعتی بسیار کم است در نتیجه این گزینه در اولویت بعـدی قـرار گرفتـه اسـت. از میـان ۶ گزینـهٔ ارائـه‌شـده در معیـار محیط‌زیستی خاک، عملکرد نوار نقاله‌ها، چـرخش رول‌هـا در رولر پرس، رولـر فیـدر، رولـر کلاسـیفایر و تراولینـگ گریت دارای اولویت اول از لحاظ آلایندگی خاک است. در اولویت دوم و سوم بـه ترتیـب خـردایش آهـک و تخلیـهٔ بنتونیت به وسیلهٔ دستگاه دمنده قرار گرفته است. عملکـرد نوار نقاله‌ها، چرخش رول‌ها در رولرها و تراولینگ گریـت موجب ریزش مواد و در نتیجه آلودگی خـاک مـی‌شـود. از آنجا کـه در تمـامی مراحـل خـط تولیـد سیـستم بازیافـت مجهزی وجود دارد، گرد و غبار ایجادشده با آب مخلوط و به صورت دوغاب درمی‌آید و پس از بازیافت، وارد چرخه و مجدداً استفاده می‌شود. در نتیجه مقدار آلودگی کم است. در خصوص اولویت دوم باید گفته شود، خردایش آهک با ریزش آهک همراه است که چنانچـه در معـرض رطوبـت قرار گیرد اثر ناچیزی بر آلایندگی خاک خواهد داشـت، در نتیجـه رتبـهٔ دوم را بـه خـود اختـصاص داده اسـت. در خصوص اولویت سوم باید اذعان کرد تخلیـهٔ بنتونیـت بـه وسیلهٔ دستگاه دمنده موجب ریزش و ترکیب آن بـا خـاک می‌شود که این مقدار بسیار ناچیز است، زیرا قسمت اعظـم گرد و غبار تولیدی و ضـایعات در ایـن بخـش بـه وسـیلهٔ غبارگیر کیسه‌ای جمع‌آوری و بـا آب مخلـوط مـی‌شـود و برای بازیافت به صورت دوغاب به تیکنـر مـی‌رود. إتخـاذ اقدام اصلاحی بالا سهم بسزایی در قرارگرفتن این گزینه در رتبهٔ سوم داشته است. بر اساس اولویت‌بندی انجام‌شـده در نتیجهٔ اجرای مدل TOPSIS و از میان ۲ گزینهٔ ارائه‌شده در معیار زیستگاه‌ها و پوشش گیاهی، دفع پسماندها و عملکرد دودکش‌هـا در اولویـت اول و منطقـهٔ شـکار ممنـوع کفـهٔ تاغستان در رتبهٔ دوم قرار گرفته است. پـایش آلاینـده‌هـای دودکش‌ها به طور منظم و تعبیهٔ ظروف مناسب ویژهٔ حمـل پسماند موجب کاهش آسیب به گونه‌های منطقه می‌شـود و از آنجا که در نزدیکی طرح زیستگاهی وجود ندارد این اثر ناچیز اسـت. در نتیجـه ایـن گزینـه رتبـهٔ اول را بـه خـود اختصاص داده است. به علت همپوشانی ناچیز منطقـهٔ کفـهٔ تاغستان با بخشی از منطقهٔ مورد مطالعـه اثـر فعالیـت‌هـای کارخانـــه اعـــم از فـــاز ســـاختمانی و بهـــره‌بـــرداری در حیات‌وحش منطقه قابل اغماض است.

جدول ۶. پیش‌بینی آثار محیطزیستی کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان

		فرایند	آثار
معیارهای محیطزیستی	هوا	انباشت و برداشت کنسانترهٔ سنگ آهن و سنگ آهک؛ کورهٔ دوار؛ ترکیبات گوگرددار در سنگ آهن و سنگ آهک؛ غبارگیر EP؛ غبارگیرها شامل غبارگیر کیسه‌ای، مرطوب و جمع‌کنندهٔ ثقلی؛ بارگیری گندله.	ذرات گرد و غبار؛ گازهای SO_2، SO_3، NO، NO_2 و CO؛ گازهـای SO_2 و SO_3؛گازهـای NO_X، NO_2، NO، SO_2، H_2S، O_2 CO، CO_2 و C_XH_Y؛ذرات گرد و غبار؛ ذرات گرد و غبار.
	آب	دفع فاضلاب بهداشتی کارکنان کارخانه؛ آب‌های شستشو و رواناب‌ها؛ آزمایشگاه؛ لجن‌های تصفیه‌خانهٔ فاضلاب صنعتی.	پساب انسانی؛ نفوذ ذرات گرد و غبـار و دیگـر آلاینـده‌هـا بـه منـابع آب‌هـای سـطحی و زیرزمینی؛ ورود پساب آزمایش‌های تر و شستشوی ناشی از ظروف آزمایشگاه؛ نفوذ به منابع آب زیرزمینی.
	صدا	حرکت نوارهای نقاله در واحد انباشت و برداشت و سایر واحدها؛ آسیاب آهک؛ چرخش دیسک‌های گندله‌ساز؛ کورهٔ دوار.	ایجاد آلودگی صوتی؛ ایجاد آلودگی صوتی و ارتعاش؛ ایجاد آلودگی صوتی و ارتعاش؛ ایجاد آلودگی صوتی.
	خاک	جوشکاری و تراشکاری؛ پساب و فاضلاب صنایع؛ تخلیهٔ بنتونیت به وسیلهٔ دستگاه دمنده؛ خردایش آهک؛ دپوی گندله روی سطح خاک؛ عملکرد نوار نقاله‌ها، چرخش رول‌ها در رولر پرس، رولر فیدر، رولر کلاسیفایر و تراولینگ گریت.	ایجاد پلیسه و ضایعات؛ نفوذ فاضلاب به خاک؛ ریزش بنتونیت؛ ریزش آهک؛ نفوذ ترکیبات آن به خاک؛ ریزش مواد.
	زیستگاه‌ها و پوشش گیاهی	منطقهٔ شکار ممنوع کفهٔ تاغستان؛ دفع پسماند و عملکرد دودکش‌ها.	حیات‌وحش شامل پستانداران و پرندگان؛ آسیب به گونه‌های منطقه.
	محیط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی	روستای‌های مسکونی؛ جمعیت و مهاجرت؛ ارزش زمین.	استخدام نیروی انسانی، بهبود شرایط و امکانات بهداشتی؛ ایجاد تأسیسات، تأمین سوخت، نیروی کار جدید و دفع پسماند.
معیارهای بهداشتی	سلامت	عوامل زیان‌آور محیطی؛ آزمایش‌های بدو استخدام؛ آزمایش‌های ادواری؛ آزمایش‌های تکمیلی برای افراد خاص.	درجهٔ حرارت بالا، صدا، انتشار گازها و ذرات آلاینده؛ آزمایش‌های خون، ادرار و معاینه عمومی؛ تکرار آزمایش‌ها در دوره‌های یک ساله؛ ادیومتری، اپتومتری و اسپیرومتری.
معیارهای ایمنی صنعتی	ایمنی- صنعتی	صداسنجی؛ سوانح و حوادث شغلی؛ تجهیزات حفاظت فردی؛ نور و روشنایی محیط کار.	کلاه ایمنی، روپوش نسوز و دستکش؛ نورسنجی.

در نتیجه این گزینه در رتبهٔ دوم قـرار گرفتـه اسـت. از میان ۴ گزینهٔ ارائه‌شده در معیار محیط اقتصادی- اجتمـاعی و فرهنگی روسـتای‌هـای مـسکونی، در اولویـت اول قـرار دارند. جمعیت و مهاجرت و ارزش زمین به ترتیب در رتبهٔ دوم و سوم قرار گرفته‌اند. نزدیک‌ترین منطقهٔ مـسکونی بـه محل اجرای پـروژه روسـتای عطرآبـاد و پـس از آن سـرو سفلی است که با توجه به شعاع پراکنش آلاینـده‌هـا و بـاد غالب منطقه این روستاها در معـرض خطـر آلـودگی قـرار می‌گیرند. همچنین، در زمان بهره‌برداری و در پـی رفـت و آمد ماشین‌آلات، مناطق مسکونی در معرض آلودگی صوتی مقطعی قرار می‌گیرند که حاکی از اهمیت بالای این گزینـه است. ایجاد اشتغال مولد در منطقـه و بـه دنبـال آن بهبـود شرایط و امکانات بهداشتی بـه ویـژه پـس از بهـره‌بـرداری طرح سهم بسزایی در قرارگرفتن گزینهٔ جمعیت و مهاجرت

در رتبهٔ دوم اهمیت داشته است. تأمین سوخت نیز سبب ایجاد شرایط مساعد و در نتیجه افزایش بهای زمین می‌شود. از طرفی ایجاد تأسیسات در رشد منطقه و ارتقای ارزش زمین مؤثر است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از اجرای مدل TOPSIS در میان گزینه‌های مطرح‌شده در بحث سلامت کارکنان عوامل زیان‌آور محیطی رتبهٔ اول را به خود اختصاص داده‌اند. گرمای منطقه، آلودگی صوتی در برخی واحدها و انتشار ذرات معلق و آلاینده از عواملی محسوب می‌شوند که احتمال وقوع سوانح و حوادث هنگام کار را افزایش می‌دهند. در نتیجه لزوم برنامه‌ریزی مناسب، آموزش به کارکنان و اقدامات پیشگیرانه و کنترلی برای کاهش ضریب شدت و تکرار حوادث احساس می‌شود. در میان گزینه‌ها معیار ایمنی صنعتی، سوانح و حوادث شغلی در رتبهٔ اول قرار گرفته‌اند که معمولاً به علت عجله در زمان تعویض شیفت، گرمای زیاد، خستگی شدید و عملیات Shut Down به وجود می‌آیند. برخورد با شی یا سازه، سرخوردن، پیچ‌خوردگی مچ پا، تماس با مادهٔ شیمیایی، بلندکردن بار سنگین و گیرافتادن بین دو جسم از علل مستقیم حوادث است، که نسبت به صدور دستورالعمل و اقدامات اصلاحی آن پیگیری‌های لازم به عمل آمده است. بنابراین، با توجه به نقش مهم ایمنی و بهداشت شغلی کارکنان، این گزینه اولویت اول را به خود اختصاص داده است. در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که با توجه به اینکه کارخانه به‌تازگی احداث شده و فقط ۵ سال از تأسیس آن می‌گذرد، استفاده از آخرین تکنولوژی‌ها و تجهیزات کنترل‌کنندهٔ آلودگی هوا و سیستم‌های پایش سبب شده است از لحاظ محیط‌زیستی در وضعیت مطلوبی قرار گیرد. با وجود این، ارائهٔ راهکارهای مدیریتی و تدوین برنامهٔ مدیریت محیط‌زیست از مقدار آلودگی‌های موجود و احتمالی بعدی می‌کاهد.

۵. رتبه‌بندی آلاینده‌های هوا

گام ۱. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	۳	۴	۴	۳
A_2	۴	۴	۴	۳
A_3	۲	۲	۱	۲
A_4	۴	۵	۵	۴
A_5	۲	۲	۲	۳
A_6	۳	۳	۳	۳

گام ۲. بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	۰/۴۲۰	۰/۴۶۵	۰/۴۷۲	۰/۴۲۷
A_2	۰/۴۶۹	۰/۴۶۵	۰/۴۷۲	۰/۴۰۹
A_3	۰/۲۱۰	۰/۱۸۰	۰/۱۶۲	۰/۲۷۳
A_4	۰/۵۵۰	۰/۵۸۵	۰/۵۹۰	۰/۵۲۹
A_5	۰/۳۰۷	۰/۲۵۵	۰/۲۳۶	۰/۳۵۸
A_6	۰/۴۰۴	۰/۳۶۰	۰/۳۵۴	۰/۴۰۹

گام ۳. تشکیل ماتریس بی‌مقیاس موزون

W_4	W_3	W_2	W_1
۰/۹۰۲	۰/۳۸٦	۰/۳۲۳	۰/۲۰۰

C_4	C_3	C_2	C_1	
۰/۰۳۹	۰/۱۸۲	۰/۱۵۰	۰/۰۸۴	A_1
۰/۰۳۷	۰/۱۸۲	۰/۱۵۰	۰/۰۹۴	A_2
۰/۰۲۵	۰/۱۸۲	۰/۰۵۸	۰/۰۴۲	A_3
۰/۰۴۸	۰/۲۲۷	۰/۱۸۹	۰/۱۱۰	A_4
۰/۰۳۳	۰/۰۹۱	۰/۰۸۲	۰/۰۶۱	A_5
۰/۰۳۷	۰/۱۳۶	۰/۱۱۶	۰/۰۸۱	A_6

گام ۴. تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی

ایده‌آل مثبت	۰/۱۱	۰/۱۸۹	۰/۱۸۲	۰/۰۴۸
ایده‌آل منفی	۰/۰۴۲	۰/۰۵۸	۰/۰۹۱	۰/۰۲۵

گام ۵. به دست آوردن میزان فاصلهٔ هر گزینه از ایده‌آل‌های مثبت و منفی

فاصله از ایده‌آل منفی	فاصله از ایده‌آل مثبت
۰/۱۳۷	۰/۰۴۸
۰/۱۴۰	۰/۰۴۳
۰/۰۹۱	۰/۱۴۹
۰/۲۰۲	۰/۰۴۵
۰/۰۳۲	۰/۱۴۹
۰/۰۸۴	۰/۰۹۱

گام ۶. تعیین نزدیکی نسبی (cl) یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل و رتبه‌بندی گزینه‌ها

CL	
۰/۴۷۲	A_1
۰/۷۶۳	A_2
۰/۳۷۹	A_3
۰/۸۱۷	A_4
۰/۱۷۷	A_5
۰/۴۸۰	A_6

[مؤمنی، م. ۱۳۸۹]

معیار	عملیات/فرایند	توضیحات	CL	رتبه
	غبارگیر EP؛	گازهای NO_X، NO_2، SO_2، H_2S، CO، O_2، CO_2، C_XH_Y؛	۰/۸۱۷	۱
	کورهٔ دوار؛		۰/۷۶۳	۲
	انباشت و برداشت کنسانترهٔ سنگ آهن و سنگ آهک؛	گازهای SO_2، SO_3، NO، NO_2 و CO؛	۰/۷۴۲	۳
✓	بارگیری گندله؛		۰/۴۸۰	۴
	ترکیبات گوگرددار در سنگ آهن و سنگ آهک؛	ذرات گرد و غبار؛	۰/۳۷۹	۵
	غبارگیرها شامل غبارگیر کیسه‌ای، مرطوب و جمع‌کنندهٔ ثقلی.	ذرات گرد و غبار؛ گازهای SO_2، SO_3؛ ذرات گرد و غبار.	۰/۱۷۷	۶

۶. بحث و نتیجه‌گیری

به منظور تحلیل و اولویت‌بندی عوامل آلایندهٔ درون کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان (عواملی که خبرگان تأیید کردند) از روش TOPSIS استفاده شد. در بین روش‌های متعددی که در حوزهٔ تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه وجود دارد، از جمله AHP، SAW، LINMAP و ... روش اولویت‌بندی ترجیحی بر اساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل (TOPSIS) به علت مزیت‌هایی که نسبت به روش‌های دیگر داراست، برای این پژوهش انتخاب شد. مهم‌ترین مزیت‌های این روش به صورت خلاصه عبارت‌اند از:

۱. معیارهای کمّی و کیفی در ارزیابی به صورت همزمان دخالت دارند.
۲. تعداد قابل توجهی معیار در نظر گرفته می‌شود.
۳. این روش به سادگی و با سرعت مناسب اعمال می‌شود.
۴. مطلوبیت شاخص‌های مورد نظر در حل مسئله به طور افزایشی (یا کاهشی) است.
۵. اطلاعات ورودی را می‌توان تغییر داد و نحوهٔ پاسخگویی سیستم را بر اساس این تغییر ارزیابی کرد.
۶. اولویت‌بندی در این روش با منطق شباهت به جواب ایده‌آل انجام می‌شود، بر این اساس که گزینه‌های انتخابی کوتاه‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل و دورترین فاصله را از بدترین جواب داشته باشند.
۷. روش TOPSIS فاصله از بهترین جواب و بدترین جواب را با در نظر گرفتن نزدیکی مبنی بر جواب بهینه، به طور همزمان در نظر می‌گیرد.
۸. خروجی می‌تواند اولویت‌ها را به صورت کمّی بیان کند که در واقع این کمیات، وزن نهایی گزینه‌ها در اولویت‌بندی است.

علاوه بر آن Tolga Kaya در سال ۲۰۱۱ مقاله‌ای ارائه کرد که در آن تأکید شده بود، TOPSIS روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است که بهترین گزینه را به وسیلهٔ محاسبهٔ فاصله‌ها از راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی بر اساس ارزشیابی نمره‌های کارشناسان تعیین می‌کند و تئوری فازی ابزاری قوی است که می‌تواند با بی‌اطمینانی در خصوص اطلاعات ذهنی، مبهم و ناقص روبه‌رو شود (kaya, 2011). افشار نیز در پژوهش خود اشاره کرده است که سیستم‌های ذخیرهٔ آب، موضوع سیاست‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و تصمیمات مدیران به شمار می‌روند. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (TOPSIS) چارچوبی برای مدیران منابع آب فراهم می‌آورند تا مسائل بحرانی را تشخیص دهند و اولویت‌های مرتبط به آن مسائل پیوسته و گزینه‌های بهینه را انتخاب کنند (Afshar, et al., 2010).

در مقاله‌ای دیگر با عنوان «ارزیابی شرکت‌های حمل پسماندهای خطرناک با استفاده از روش دو مرحله‌ای TOPSIS و AHP» فازی آمده است، پسماندهای خطرناک ممکن است موجب تهدید سلامت انسان و محیط‌زیست

شوند و انتقال ایمن آن‌ها بسیار مهم است. بنابراین، انتخاب مطمئن‌ترین شرکت حمل و نقل برای تولیدکنندگان پسماندهای خطرناک مسئله‌ای مهم است. در این پژوهش از روش دو مرحله‌ای برای ارزیابی شرکت‌های حمل و نقل پسماندهای خطرناک شامل روش‌های TOPSIS و AHP فازی استفاده شده است (Taskin Gumus, 2009). به منظور ارزیابی، پایش و بررسی مستمر تأثیرات فعالیت‌های مختلف کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان بر مجموعهٔ عناصر و مؤلفه‌های محیط‌زیستی، همچنین نظارت بر حسن اجرای فعالیت‌ها و راهکارهای ذکرشده، تدوین برنامهٔ مدیریتی و اجرای آن پیشنهاد می‌شود. این برنامه در نهایت می‌تواند بین شاخص‌ها و عوامل متنوع نظام مدیریت محیط‌زیستی و فعالیت‌های کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان هماهنگی و ارتباط معقول و منطقی ایجاد کند. مدیریت محیط‌زیستی شامل إتخاذ سیاست‌ها و تدابیری است که ضمن بهره‌وری پایدار از محیط، معیارهای حفاظتی و پیشگیری از آلودگی، کاملاً رعایت شوند. با این تعریف، گسترش دامنهٔ فعالیت‌های مدیریت محیط‌زیست احساس می‌شود. اهداف عمدهٔ مدیریت محیط‌زیست عبارت‌اند از:

- ممانعت از ایجاد مشکلات محیط‌زیستی و برطرف‌کردن این مشکلات؛
- تأسیس و تقویت مؤسساتی که تحقیقات، نظارت و مدیریت محیط‌زیست را حمایت می‌کنند؛
- هشدار در خصوص تهدیدها، خطر و شناسایی فرصت‌ها؛
- حمایت و در صورت امکان بهبود و توسعهٔ منابع؛
- بهبود کیفیت زندگی در صورت امکان؛
- شناسایی تکنولوژی یا سیاست‌های جدید کارا.

در جدول ۷ برخی از راهکارهای مدیریتی برای کاهش آثار سوء در منطقهٔ مطالعاتی آورده شده است.

جدول ۷. راهکارهای مدیریتی برای کنترل جنبه‌های زیست‌محیطی

جنبه‌های محیط‌زیستی	راهکارهای کاهش آثار سوء
هوا	نگهداری و بازرسی منظم مشعل‌های کوره؛ استفاده از سیستم‌های کنترل گازهای آلاینده در خروجی دودکش کوره؛ تنظیم دبی هوا و گاز ورودی به مشعل؛ استفاده از انبارهای سرپوشیده برای کنترل ذرات انتشاریافته در اثر حمل و نقل مواد و انباشت و برداشت.
آب	استفاده از تله‌های رسوب‌گیر در طول کانال‌های انتقال فاضلاب صنعتی برای کاهش مواد معلق؛ شستشوی صافی‌ها و رزین‌ها بر اساس استاندارد؛ رفع اکسید آهن از پساب با احداث حوضچه‌ای با شیب مناسب در قسمت زیر کانال‌ها.
صوت	کاهش زمان مواجههٔ صدا با افراد؛ کنترل صدا در مسیر انتشار مانند استفاده از ایزولاتورها؛ استفاده از فن‌ها و موتورهای با صدای کمتر.
سلامت و ایمنی صنعتی	ایزولاسیون صوتی اتاق کنترل و استفاده از شیشه‌های دوجداره؛ تأمین لباس کار و وسایل حفاظت فردی؛ تدوین برنامهٔ واکنش در وضعیت اضطراری ایمنی و برنامهٔ تخلیهٔ اضطراری.
محیط بیولوژیک	ایجاد و تقویت پوشش گیاهی با اولویت گونه‌های سازگار با شرایط منطقه؛ کنترل گازهای خروجی از دودکش‌ها.
محیط اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی	ایجاد ارتباط مناسب با روستاییان و مردم منطقه و تقویت مشارکت مردمی در ارتباط با همکاری در مواقع بحرانی؛ اطلاع‌رسانی به مسئولان و اهالی محدودهٔ اکولوژیک، اقتصادی و اجتماعی کارخانه با استفاده از برگزاری جلسات، همایش، نشریهٔ زیست‌محیطی و بروشورهای حاوی فعالیت‌های زیست‌محیطی انجام‌گرفته.

پیشنهاد می‌شود عملیات پایش و اندازه‌گیری به منظور تعیین اثربخشی سیستم‌های کنترلی منطبق بر الزامات قانونی و ارزیابی میزان دستیابی به اهداف محیط‌زیستی بر اساس برنامهٔ مدون در کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان انجام شود. تعیین محل نمونه‌برداری، تعیین نوع آلاینده‌های منتشره، تعیین شاخص‌های اندازه‌گیری و تعیین تناوب زمانی نمونه‌برداری در این برنامه‌ریزی تعیین می‌شود (جدول ۸).

برقراری برنامهٔ پایش و اندازه‌گیری‌های محیط‌زیستی و کنترل موارد مرتبط با جنبه‌های محیط‌زیستی مهم، این توانایی را در کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان ایجاد می‌کند که همواره پیامدهای محیط‌زیستی خود را شناسایی و ارزیابی و از طریق اقدام اصلاحی یا اجرای برنامه‌های محیط‌زیستی نسبت به کاهش یا کنترل آن‌ها اقدام کند (فرخی، ۱۳۸۸).

جدول ۸. شاخص‌های پایش و برنامهٔ زمان‌بندی آن در فاز ساختمانی و بهره‌برداری

شاخص پایش	نام پارامتر آزمایش‌شده	تناوب پایش	نقاط نمونه‌برداری در فاز ساختمانی	نقاط نمونه‌برداری در فاز بهره‌برداری	فرد پایش‌کننده
کیفیت هوا به وسیلهٔ دستگاه مجهز و Online	ذرات	در صورت استفاده‌نکردن از سیستم آنلاین، ماهانه	مناطق مولد آلودگی مثل عملیات خاکی	فضای درون و بیرون کارخانه	کارشناس محیط‌زیست سایت با مسئول HSE با همکاری ناظر معتمد
	SO_x		مناطق مولد آلودگی	"	"
	NO_x		"	"	"
	CO		"	"	"
کیفیت صدا	تراز صوتی	فصلی	"	"	"

یادداشت

1. the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
2. Gas Analyzer
3. Tecora (Automatic isokinetic samplers)
4. Electrostatic Precipitator
5. Gravity Collector
6. Wet Scrubber(s)
7. Bag Filter(s)
8. Water Cannon System

منابع

آزمایشگاه معتمد محیط‌زیست پایش‌پرداز محیط. ۱۳۸۹. گزارش پروژهٔ اندازه‌گیری گازها، ذرات معلق خروجی دودکش‌ها، ذرات معلق هـوای محیط کارخانه، سر و صدای زیست‌محیطی و خروجی پساب کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان، کارخانهٔ گندله‌سازی اردکان، صص ۱۷– ۵۱.

اندرودی، م. ۱۳۸۰. اصول و روش‌های مدیریت زیست‌محیطی، نشر کنگره، صص ۱– ۲.

بصیرت، م. مؤمنی، م. زراءنژاد، م. باورصاد، ب. ۱۳۸۵. انتخاب سیستم بهینهٔ آبیاری مزارع نیشکر خوزستان با استفاده از روش TOPSIS، فصلنامهٔ اقتصاد مقداری، سال سوم، شمارهٔ ۱(پیاپی ۸)، ص ۸۲.

دفتر حقوقی و امور مجلس سازمان محیط‌زیست. ۱۳۸۳. مجموعهٔ قوانین و مقررات حفاظت محیط‌زیست ایران، انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست، صص ۱۱۰- ۱۱۳.

شریعت، م. منوری، م. ۱۳۷۵. مقدمه‌ای بر ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست، ص ۷.

فرخی، پ. ۱۳۸۸. ارزیابی و مدیریت ریسک در واحد تولید شرکت فولاد کاویان به روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن (FMEA)، جوزی، ع. افخمی، م. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد مدیریت محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، صص ۲۱۶- ۲۶۶.

مؤمنی، م. ۱۳۸۹. مباحث نوین تحقیق در عملیات، چاپ اول، ناشر مؤلف، صص ۹- ۳۰.

Afshar, A. Marino, M. Saadatpour, M. Afshar, A. 2010. Fuzzy TOPSIS Multi-Criteria Decision Analysis Applied to Karun Reservoirs System, Available online at (www.springer.com)

Krohling, R.A. 2011. Fuzzy TOPSIS for group decision making: A case study for accidents with oil spill in the sea, Expert systems with Applications, Vol.38, PP. 4190-4197

Liu, C. Frazier, P. Kumar, L. Macgregor, C .2006. Catchment-Wide Wetland Assessment and Prioritization Using the Multi-Criteria Decision-Making Method TOPSIS, Environmental Management, Vol.38, PP. 316-326

Kaya, T .2011. Multicriteria decision making in energy planning using a modified fuzzy TOPSIS methodology, Expert Systems with Applications, Vol.38, PP. 6577-6588

Taskin Gumus, A .2009. Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology, Expert Systems with Applications, Vol.36, PP.4067-4074

Zandersen, M., Jensen, F.2005. Benefit Tran sfer Over time of Ecosy stem Values: Th e Case of Forest Recreation, Paper Presented at the Association, Vol.27(27), PP.45-53