



وزن دهی و رتبه‌بندی فناوری‌های کنترل آلاینده‌های گازی NH_3 ، PM و VOCs با استفاده از روش تاپسیس فازی

پروین مریدی^۱، فریده عتابی^۲، جعفر نوری^۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۰۴

تاریخ ویرایش: ۹۴/۰۴/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۴

چکیده

زمینه و هدف: یکی از عوامل مهم در تقابل با کیفیت محیط‌زیست در بسیاری از شهرها در سرتاسر جهان آلودگی هواست که اثرات منفی ژرفی بر سلامت انسان دارد. کنترل انتشار آلودگی هوا از منابع صنعتی و خانگی هوا در راستای اهداف توسعه پایدار یک مشکل و چالش بسیار مهم است. تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن شاخص‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی، عملیاتی، امری پیچیده است. هدف تحقیق حاضر وزن دهی، اولویت‌بندی و انتخاب فناوری مناسب کنترلی با ملاحظات فنی – اقتصادی و اجرایی بالا و عدم قطعیت پایین است.

روش بررسی: در این مطالعه برای وزن دهی و رتبه‌بندی فناوری‌های کنترل آلودگی از روش تاپسیس فازی استفاده شده است. پنج معیار تحقیق عبارت‌اند از: راندمان، هزینه، قابلیت نگهداری، طراحی و اندازه. این معیارها برای رتبه‌بندی فناوری‌های کنترلی مربوط به آلاینده‌های هوا شامل (VOCs , PM , NH_3) در نظر گرفته شده‌اند.

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان می‌دهد که (High-Efficiency Particulate Air) HEPA با ضریب نزدیکی ۹۶٪ به عنوان مناسب‌ترین فناوری تصفیه ذرات در صنایع پتروشیمی انتخاب شد. جاذب شیمیایی با ضریب نزدیکی ۸۶٪ برای کنترل بخارات آمونیاک و فناوری پلاسمای شیمیایی با ضریب نزدیکی ۹۵٪ برای کنترل VOCs به عنوان بهترین فناوری‌ها شناسایی شدند.

نتیجه گیری: تاپسیس فازی روشن مطمئن و قابل اعتماد برای فن تصفیه‌سازی و تصمیم‌گیری می‌باشد. مشکل انتخاب فناوری‌های بهینه تصفیه آلاینده‌های هوا برای سه آلاینده مورد نظر تحقیق شامل PM , NH_3 و VOCs بر اساس روش تاپسیس فازی در این تحقیق آدرس داده شد.

کلیدواژه‌ها: فازی تاپسیس، فناوری تصفیه، آلودگی هوا، ذرات، پلاسمای شیمیایی.

مقدمه

عمده آلاینده‌های هوا در صنایع پتروشیمی شامل PM , CO_2 , SOx , CO , VOCs , NH_3 می‌باشد [۱، ۲]. در این تحقیق ۳ گروه از آلاینده‌ها شامل PM , VOCs , CO , NH_3 مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیق و بررسی پیرامون آلودگی هوا، کنترل و کاهش آلاینده‌های آن، به عنوان یک فوریت بهداشتی و زیست‌محیطی از زمان‌های خیلی قبل مطرح و روش‌های زیادی برای مدل‌سازی و کنترل آلودگی هوا ارائه گردیده است [۳]. مدل‌های انتخابی کنترل آلودگی هوا در یک منطقه باید با توجه به سطح مجاز انتشار آلاینده‌ها و ظرفیت پذیرش محیط‌زیست اتخاذ گردد. استراتژی مؤثر کنترل آلودگی هوا باید بلندمدت، واقع‌بینانه، قابل اجرا و با هدف کاهش

۱- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) دانشیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

far-atabi@jamejam.net

۳- استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

اقتصادی در مجتمع‌های صنعتی و از آن مهم‌تر خسارت زیست‌محیطی شده است. هدف از انجام این تحقیق دستیابی به روش کاربردی جهت انتخاب فناوری‌های بهینه تصفیه آلاینده‌های هوا در مجتمع‌های پتروشیمی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره (MADM) مبتنی بر روش تاپسیس فازی می‌باشد.

روش بررسی

تصمیم‌گیری در خصوص تجهیزات کنترلی مناسب بر اساس شاخص‌ها و معیارهای متعددی صورت می‌پذیرد. برای دست‌یابی به شاخص‌های مؤثر جهت شناسایی و ارزیابی عملکرد سیستم بهینه پالایش آلاینده‌های هوا Optimized Air Pollutants Control (OAPCS) (System(OAPCS) United States Environmental Protection) Agency)، سازمان محیط‌بزیست ایران، اداره اجرائی بهداشت و ایمنی انگلستان (UK HSE)، سازمان توسعه پایدار کلان شهرها، وزارت نفت، سازمان بنادر کشتیرانی و تحقیقات صورت گرفته فهرستی از شاخص‌های فنی، اقتصادی و اجرایی تجهیزات کنترل آلاینده‌های هوا تهیه گردید. شاخص‌های محدودی قادر به ارزیابی عملکرد OAPCS می‌باشد، لذا با توجه به نظر خبرگان، شاخص‌های مؤثر از میان فهرست مبسوط شاخص‌های عملکردی سامانه‌های مورد نظر (OAPCS) به ترتیب PM, VOCs, NH₃ و همچنین ۵ معیار هزینه، ابعاد و اندازه سیستم، راندمان تصفیه، هزینه نگهداری و قابلیت طراحی و ساخت انتخاب گردید [۱۰]. به‌منظور رتبه‌بندی شاخص‌های کلیدی عملکرد با توجه به معیارهای هزینه، ابعاد و اندازه سیستم، راندمان تصفیه، هزینه نگهداری و قابلیت طراحی و ساخت از تکنیک تاپسیس فازی استفاده شد. با توجه به اینکه پرسشنامه استانداردی در زمینه اولویت‌بندی فناوری‌های بهینه هوا در صنایع پتروشیمی وجود نداشت ابتدا پرسشنامه اولیه تهیه شد. با بررسی متون، همکاری و همفکری متخصصان آلودگی هوا

اقدامات کنترلی و استفاده از دستگاه‌ها و تجهیزات فنی و مؤثر جهت رسیدن به استراتژی کنترل آلودگی ضرورت دارد [۷]. به همین منظور باید طرح‌های کنترلی و پایش با کارایی مؤثر زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی برای سیستم‌های کنترل آلودگی (PCS) Pollution Control System تعیین و شناسایی شوند. به‌طوری‌که سیستم‌های کنترل آلودگی‌ها بر این اساس و با توجه به عملکرد، ابعاد، هزینه، قوانین و مقررات و ملاحظات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی کلیه پارامترهای شاخص و مشخصات آلاینده‌ها اهمیت داده شده و انتخاب شوند. به همین دلیل مدیران کارخانجات و صنایع با چالش جدی در امر تصمیم‌گیری برای انتخاب فناوری‌های مناسب کنترل آلودگی هوا با در نظر گرفتن کلیه ملاحظات اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی مواجهه می‌باشند. همواره ارتباط و نزدیکی میان پیچیدگی و عدم اطمینان وجود دارد، بدین گونه که افزایش پیچیدگی مسئله، منجر به کاهش درجه اطمینان می‌گردد. استفاده از منطق فازی می‌تواند مسائل حاصل از عدم وجود اطمینان را حل کند [۸]. با استفاده از تکنیک آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA) The Multiple Criteria Decision Analysis method (MCDA)، امکان انتخاب مناسب‌ترین تصمیم جهت انتخاب فناوری‌های مناسب به‌منظور اولویت‌بندی آن‌ها با در نظر گرفتن معیارهای کلیدی میسر است [۹]. به‌این‌ترتیب ملاحظه می‌شود که راه حل مطلوب اقتصادی برای انتخاب تجهیزات کنترلی نسبتاً پیچیده است. در چنین حالت و شرایطی است که مسئله مشخص نمودن و انتخاب فناوری‌های مناسب به عنوان مسئله اساسی مطرح می‌شود؛ به عبارت دیگر مسئله اساسی در این رابطه، تعیین و معرفی فناوری‌های مناسب بر اساس اولویت‌های ترجیحی می‌باشد که تاکنون در بحث مدیریت کنترل آلاینده‌ها و بر اساس اولویت‌بندی فناوری‌های بهینه تصفیه آلاینده‌های هوا در کشور در مجتمع‌های صنعتی بخصوص در مجتمع‌های پتروشیمی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به‌نحوی که عدم انجام پژوهش‌های لازم در این زمینه موجب تحمیل خسارت



and Yoon (and) به سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد [۱۳]. این روش یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین راه کار است. بهترین گزینه آن است که بیشترین فاصله را از عوامل منفی و کمترین فاصله را از عوامل مثبت داشته باشد [۱۴].

با توجه به تحقیقات انجام شده روش تاپسیس فازی به طور گستردگی در زمینه اولویت‌بندی و رتبه‌بندی استفاده شده است. رابرتس، صالحی، چن، لی، یانگ، صدوی، ولاکاستاس، یزدانی، کالبر و یاراحمدی از روش تاپسیس فازی برای وزن دهی، اولویت‌بندی و تعیین بهترین استراتژی استفاده کرده‌اند [۱۵-۲۲].

پس از تکمیل پرسشنامه‌ها و دریافت اطلاعات، پاسخ‌های خبرگان در قالب گویی‌های کلامی، به مقیاسی با قابلیت تجزیه و تحلیل تبدیل شدن، زیرا انجام عملیات ریاضی بر روی متغیرهای بیانی کیفی غیرممکن است. اعداد فازی مثلثی (Triangular Fuzzy number) استفاده شده در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. دلیل استفاده از اعداد فازی مثلثی، کمک به تصمیم‌گیرنده در تصمیم‌گیری ساده‌تر است. در گام اول از پنج معیار برای تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی فناوری‌های کنترلی آلاینده‌های مورد نظر تحقیق استفاده شده است. در گام اول ابتدا ماتریس امتیازدهی گزینه‌ها بر اساس معیارها تشکیل شده است. برای امتیازدهی گزینه‌ها بر اساس هر معیار از دیدگاه گروه خبرگان و طیف هفت درجه تاپسیس فازی استفاده شده است.

سنجدش هر شاخص با توجه به هر معیار تعیین گردد. در این تحقیق از مقیاس‌های فازی به کار گرفته شده

فناوری‌های متدوال در زمینه کنترل آلودگی هوا در صنایع پتروشیمی شناسایی و کلیدی سازی شدند. سپس برای بررسی پایایی همسانی درونی [۱۱] و روایی پرسشنامه از روش لاوش استفاده شده است [۱۲]. در این تحقیق روش تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر روش فازی تاپسیس به عنوان ابزاری کارآمد جهت اولویت‌بندی فناوری‌های تصفیه آلاینده‌های شاخص هوا (PM_{2.5}, VOCs, NH₃) در صنایع پتروشیمی مورد استفاده قرار گرفته است. در راستای اهداف تخصصی و کاربردی این تحقیق، تبیین توابع وزن دهی شاخص‌های معیار (هزینه، راندمان تصفیه، سایز، هزینه نگهداری، طراحی، ساخت و ...) بررسی شد. بنابراین سؤالات اولیه که شامل فناوری‌های کنترل آلودگی در مورد سه گروه از آلاینده‌ها (PM_{2.5}, VOCs, NH₃) گردآوری شد. پرسشنامه اولیه ب اساس روش تاپسیس فازی و بر اساس فناوری‌های کلیدی سازی شده برای هر آلاینده و معیارهای تحقیق آماده گردید. به منظور روایی و پایایی و حصول اطمینان از درک معانی و منظور سؤالات، پرسشنامه بین ۱۵ نفر از افراد خبره و اساتید مجروب دانشگاهی توزیع شد. روایی پرسشنامه نهایی برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات تأیید قرار گرفت و پس از رفع ابهامات، نهایی شد. پرسشنامه نهایی برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای رتبه‌بندی و وزن دهی، در بین افراد متخصص و صاحب‌نظر با گرایش آلودگی هوا توزیع و تکمیل شد. تکنیک Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Hwang (Hwang and Yoon) به وسیله هوانگ و یون (TOPSIS/Solution

جدول ۱- اعداد فازی مثلثی ارزیابی گزینه‌ها

معادل فازی	متغیر زبان شناختی
(0, 0, 1)	خیلی ضعیف (Very poor)
(0, 1, 3)	ضعیف (Poor)
(1, 3, 5)	ضعیف تا متوسط (Medium poor)
(3, 5, 7)	متوسط (Fair)
(5, 7, 9)	تقریباً خوب (Medium good)
(7, 9, 10)	خوب (Good)
(9, 10, 10)	خیلی خوب (Very good)

محاسبه ضریب نزدیکی (Closeness Coefficient) و رتبه شاخص‌ها در گام هفتم اولویت‌بندی شاخص‌ها انجام می‌شود. CC_i یا ضریب نزدیکی معیاری برای رتبه‌بندی شاخص‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها می‌باشد.

یافته‌ها

نتایج تعیین ضریب نزدیکی و رتبه‌بندی شاخص‌ها در جداول و نمودارهای ذیل آمده است. ماتریس تصمیم فازی شده برای فناوری‌های کنترل برای هر سه آلینده در جدول ۲ محاسبه گردیده است. جدول تصمیم‌گیری به دست آمده از میانگین نظرات افراد مطابق جدول شماره ۳ بی‌مقیاس می‌گردد. متوسط وزن متغیرهای زبان‌شناختی به تفکیک پنج معیار تحقیق در جداول ۳-۵ آورده شده است. معیارهای مورد مطالعه در تحقیق مثبت می‌باشند.

ماتریس تصمیم‌گیری محاسبه شده بر اساس روش تحقیق در جدول ۴ نشان داده شده است. سپس جداول تصمیم‌گیری موزون شده را مطابق جدول ۵ نرمال شده

توسط وانگ و الهاگ (Wang and Elhang) (۲۰۰۶) استفاده شده است [۲۳]. در گام سوم باید ماتریس بی‌مقیاس موزون فازی را تشکیل داد. برای به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون باید اوزان شاخص‌ها را داشته باشیم. برای وزن دهی با استفاده از تکنیک آنتروپوی شانون استفاده شده است. در این روش همانند روش‌های دیگر تصمیم‌گیری چندمعیاره ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل، نرمال و سپس وزن نهائی بر اساس الگوریتم روش محاسبه خواهد شد. با توجه به وزن‌های به دست آمده از معیارها در این مرحله، معیارهایی که دارای وزن بیشتر هستند، اهمیت بیشتری داشته و تأثیر آن‌ها در انتخاب گزینه بهینه بیشتر است. در گام چهارم جداول تصمیم‌گیری که از میانگین نظرات افراد به دست می‌آیند و موزون شده‌اند را نرمال می‌کنیم و ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده را به دست می‌آوریم. در گام پنجم پاسخ ایده‌آل مثبت و پاسخ ایده‌آل منفی فازی مشخص می‌شود. فاصله هر شاخص از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی فازی در گام ششم محاسبه می‌شود. با

جدول ۲- ماتریس تصمیم فازی شده تکنولوژی‌های کنترل

آلینده	کنترل	فناوری‌های	هزینه	اندازه	نگهداری	راندمان	طراحتی
PM	بگ فیلتر	اتفاق ته نشینی	(۴/۶, ۶/۵۳, ۸/۱۳)	(۴/۹۳, ۶/۸۷, ۸/۴۷)	(۴/۷۳, ۶/۲۷, ۸/۲۷)	(۷/۳۳, ۸/۸۷, ۹/۷۳)	(۶/۱۳, ۷/۸, ۸/۸۷)
سیکلون	ESP	جذب شیمیایی	(۶/۴, ۷/۹۳, ۸/۸)	(۲/۶, ۳/۸۷, ۵/۴)	(۶/۶, ۸/۲۷, ۹/۲۷)	(۲/۸۷, ۴/۱۳, ۵/۸)	(۶/۴, ۸/۲۷, ۹/۴)
HEPA	Wet Scraber	آجیا کاتالیستی	(۵/۱۳, ۷/۰۷, ۸/۶)	(۴/۷۳, ۶/۷۳, ۸/۴)	(۵/۶, ۷/۴, ۸/۷۳)	(۵/۲۷, ۷/۲, ۸/۶)	(۵/۹۳, ۷/۸۷, ۹/۲)
NH ₃	ESP	غیر انتخابی	(۳/۰۷, ۴/۹۳, ۶/۷۳)	(۴/۳۳, ۵/۴, ۶/۴۷)	(۳/۳۳, ۵/۱۳, ۶/۸۷)	(۴/۲۷, ۵/۸۷, ۷/۳۳)	(۴/۷۳, ۶/۴, ۷/۸)
	پلاسما	فلرینگ	(۳/۰۷, ۴/۷۳, ۶/۷۳)	(۴/۴۷, ۶/۴۷, ۸/۳۳)	(۳/۳۳, ۵/۲۷, ۷/۵۳)	(۵/۹۳, ۷/۸۷, ۸/۹۳)	(۴/۷۳, ۶/۶, ۷/۷۳)
VOCs	دوکش مرتفع	فلرینگ	(۳/۱۳, ۴/۷۳, ۶/۲۷)	(۲/۸, ۴/۴۷, ۶/۲۷)	(۲/۵۳, ۵/۴۷, ۷/۲۷)	(۵/۲۷, ۷/۲۷, ۸/۷۳)	(۴/۷۳, ۶/۱۳, ۷/۷۳)
	پلاسما	پلاسما شیمی	(۳, ۴/۶۷, ۶/۳۳)	(۲/۶۷, ۴/۴, ۶/۲)	(۳/۸, ۵/۷۳, ۷/۵۳)	(۵/۹۳, ۷/۸۷, ۸/۹۳)	(۴/۷۳, ۶/۰۷, ۷/۴۷)
	کربن فعال	پلاسما شیمی	(۲/۰۶, ۳/۱۹, ۵/۱۳)	(۲/۷۵, ۴/۷۵, ۶/۷۵)	(۰/۸۸, ۲/۰۶, ۳/۸۸)	(۵/۱۳, ۷/۱۳, ۸/۸۱)	(۷/۰, ۸/۸۸, ۹/۵۶)
			(۱/۰۶, ۲/۰۸, ۴/۰۸)	(۱/۰۶, ۲/۰۸, ۴/۰۸)	(۱/۱۳, ۸/۰۶, ۹/۳۸)	(۷/۰, ۸/۸۸, ۹/۵۶)	(۷/۰, ۸/۸۸, ۹/۵۶)
			(۰/۰۶, ۳/۰۸, ۵/۰۸)	(۰/۰۶, ۳/۰۸, ۵/۰۸)	(۰, ۸, ۹/۴۴)	(۰, ۸, ۹/۴۴)	(۰/۰, ۸/۸۸, ۹/۵۶)
			(۱/۰۶, ۲/۰۸, ۴/۰۸)	(۱/۰۶, ۲/۰۸, ۴/۰۸)	(۰/۰۶, ۳/۰۸, ۵/۰۸)	(۰/۰۶, ۳/۰۸, ۵/۰۸)	(۰/۰, ۸/۸۸, ۹/۵۶)
			(۰/۰۶, ۳/۰۸, ۵/۰۸)	(۰/۰۶, ۳/۰۸, ۵/۰۸)	(۰/۰۶, ۳/۰۸, ۵/۰۸)	(۰/۰۶, ۳/۰۸, ۵/۰۸)	(۰/۰, ۸/۸۸, ۹/۵۶)



جدول ۳- ماتریس تصمیم‌فازی بی مقیاس شده تکنولوژی‌های کنترلی برای سه آلاینده مورد نظر تحقیق

آلاینده	فناوری‌های کنترلی	هزینه	اندازه	نگهداری	راندمان	طراحی
PM	بگ فیلتر	(۱/۰۸, ۱/۳۵, ۱/۴۱)	(۰/۰۷, ۰/۷۹, ۰/۹۸)	(۰/۰۵, ۰/۷۱, ۰/۸۹, ۰/۹۷)	(۰/۰۷, ۰/۸۹, ۰/۹۷)	(۰/۰۶۵, ۰/۸۳, ۰/۹۴)
اتاقک ته نشینی		(۱, ۱/۱۱, ۱/۰۱)	(۰/۰۳, ۰/۰۴۵, ۰/۰۶۲)	(۰/۰۷۱, ۰/۰۸۹, ۱)	(۰/۰۷۲, ۰/۰۴۱, ۰/۰۵۸)	(۰/۰۶۸, ۰/۰۸۸, ۱)
سیکلون		(۱/۰۲, ۱/۰۲۵, ۱/۰۲۶)	(۰/۰۵۵, ۰/۰۷۸, ۰/۰۹۷)	(۰/۰۶, ۰/۰۸, ۰/۰۹۴)	(۰/۰۵۳, ۰/۰۷۲, ۰/۰۸۶)	(۰/۰۶۳, ۰/۰۸۴, ۰/۰۹۸)
HEPA		(۱/۰۷۸, ۲/۰۵۴, ۲/۰۶۹)	(۰/۰۶۳, ۰/۰۸۵, ۱)	(۰/۰۳۹, ۰/۰۵۵, ۰/۰۷۲)	(۰/۰۱۶, ۰/۰۹۸, ۱)	(۰/۰۶۲, ۰/۰۸۲, ۰/۰۹۷)
Wet Scraber		(۰/۱۱۳, ۱/۰۴۷, ۱/۰۵۶)	(۰/۰۴۹, ۰/۰۷۲, ۰/۰۹)	(۰/۰۳۷, ۰/۰۵۶, ۰/۰۷۵)	(۰/۰۶۱, ۰/۰۷۸, ۰/۰۸۹)	(۰/۰۵۲, ۰/۰۵۹, ۰/۰۸۳)
ESP		(۱/۰۳۶, ۱/۰۶۳, ۱/۰۴۹)	(۰/۰۳۸, ۰/۰۵۹, ۰/۰۷۹)	(۰/۰۴۶, ۰/۰۶۳, ۰/۰۷۹)	(۰/۰۷۸, ۰/۰۹۲, ۰/۰۹۷)	(۰/۰۵, ۰/۰۶۸, ۰/۰۸۳)
جذب شیمیایی	NH ₃	(۰/۰۴, ۰/۰۵۴, ۰/۰۸۷)	(۰/۰۵۷, ۰/۰۸۳, ۱/۰۷)	(۰/۰۴۱, ۰/۰۶۵, ۰/۰۸۹)	(۰/۰۶۶, ۰/۰۸۶, ۱)	(۰/۰۵۸, ۰/۰۸۱, ۱)
احیا کاتالیستی غیر انتخابی		(۲/۰۷۱, ۴/۰۴, ۶/۰۲)	(۳/۰۸, ۵/۰۷۳, ۷/۰۵۳)	(۳/۰۷۷, ۵/۰۷۲, ۷/۰۷۳)	(۵/۰۲۷, ۷/۰۷۷, ۸/۰۷۳)	(۴/۰۳, ۶, ۷/۰۷۳)
پلاسما		(۲/۰۷۳, ۴/۰۲, ۵/۰۸۷)	(۳/۰۵۳, ۵/۰۴۷, ۶/۰۲۷)	(۲/۰۵۳, ۴/۰۲, ۶/۰۱۳)	(۵/۰۳۳, ۷/۰۱۳, ۸/۰۴)	(۴/۰۲۷, ۶/۰۱۳, ۷/۰۷۳)
دود کش مرتفع		(۳/۰۱۳, ۴/۰۷۳, ۶/۰۲۷)	(۲/۰۸, ۴/۰۴۷, ۶/۰۲۷)	(۵/۰۲, ۶/۰۸۷, ۸/۰۰۷)	(۲/۰۶۷, ۳/۰۸۷, ۵/۰۴)	(۴/۰, ۶/۰۷, ۴/۰۴)
فلرینگ		(۳, ۴/۰۷, ۶/۰۳۳)	(۴/۰۴, ۶/۰۲, ۷/۰۸)	(۳/۰۶, ۵/۰۷, ۶/۰۷۳)	(۳/۰۸, ۵/۰۱۳, ۶/۰۵۳)	(۳/۰۵۷, ۵/۰۴۷, ۷/۰۷۷)
فلرینگ	VOCs	(۰/۰۱, ۰/۰۱۹, ۰/۰۲۸)	(۰/۰۰۲, ۰/۰۰۶, ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۳, ۰/۰۰۶, ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۴, ۰/۰۰۷, ۰/۰۰۹)	(۰/۰۰۴, ۰/۰۰۷, ۰/۰۰۹)
پلاسما		(۰/۰۲۸, ۰/۰۳۷, ۰/۰۴۴)	(۰/۰۱۲, ۰/۰۱۶, ۰/۰۱۸)	(۰/۰۱۲, ۰/۰۱۶, ۰/۰۱۹)	(۰/۰۰۹, ۰/۰۱۱, ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۹, ۰/۰۱۱, ۰/۰۱۲)
پلاسما شیمی		(۰/۰۱۴, ۰/۰۴۲, ۰/۰۴۶)	(۰/۰۱۵, ۰/۰۱۸, ۰/۰۱۹)	(۰/۰۱۴, ۰/۰۱۷, ۰/۰۱۹)	(۰/۰۰۷, ۰/۰۱, ۰/۰۱۱)	(۰/۰۰۷, ۰/۰۱, ۰/۰۱۱)
کربن فعال		(۰/۰۰۸, ۰/۰۱۵, ۰/۰۲۵)	(۰/۰۰۵, ۰/۰۰۹, ۰/۰۱۲)	(۰/۰۰۲, ۰/۰۰۴, ۰/۰۰۸)	(۰/۰۰۵, ۰/۰۰۷, ۰/۰۱)	(۰/۰۰۵, ۰/۰۰۷, ۰/۰۱)

جدول ۴- ماتریس تصمیم‌گیری تکنولوژی‌های کنترلی برای سه آلاینده مورد نظر تحقیق

آلاینده	فناوری‌های کنترلی	هزینه	اندازه	نگهداری	راندمان	طراحی
PM	بگ فیلتر	۴/۸۰	۴/۹۳	۴/۸۷	۶/۰۷	۵/۴۷
اتاقک ته نشینی		۵/۶۷	۳/۳۳	۵/۸۰	۳/۵۳	۵/۶۷
سیکلون		۵/۰۷	۴/۸۷	۵/۲۰	۵/۱۳	۵/۴۷
HEPA		۳/۲۷	۵/۲۰	۴	۶/۸۰	۵/۴۰
Wet Scraber		۴/۵۳	۴/۶۰	۴/۱۳	۵/۰۳	۴/۸۷
ESP		۴/۰۲	۴/۰۷	۴/۵۳	۶/۴۰	۴/۸۰
جذب شیمیایی	NH ₃	۳/۹۳	۴/۷۳	۴/۱۳	۵/۴۷	۴/۸۷
احیا کاتالیستی غیر انتخابی		۳/۷۳	۴/۴۰	۴/۱۳	۵/۱۳	۴/۵۳
پلاسما		۳/۶۷	۴/۲۷	۳/۶۰	۵/۱۳	۴/۶۰
دود کش مرتفع		۳/۹۳	۳/۷۳	۵/۹۷	۳/۳۳	۴/۶۷
فلرینگ		۳/۸۰	۴/۶۷	۴/۰۷	۴/۰۷	۴/۲۷
فلرینگ	VOCs	۴	۴/۳۰	۴	۴/۷۰	۴/۸۰
پلاسما		۴/۳۰	۴/۶۰	۴/۳۰	۵	۵
پلاسما شیمی		۴/۷۸	۴/۷۸	۴/۴۴	۴/۸۹	۵
کربن فعال		۴/۷۸	۴/۸۹	۴/۵۶	۴/۸۹	۴/۵۶

با توجه به بررسی و آنالیز اطلاعات جمع‌آوری شده از در نهایت با استفاده از فاصله ایده آل مثبت و منفی به تکنیک آنتروپی شانون به شرح ذیل آمده است: فناوری‌ها رتبه‌بندی و نتایج در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۵- ماتریس تصمیم نرمال شده

الاینده	فناوریهای کنترلی	هزینه	اندازه	نگهداری	راندمان	طراحی
PM	بگ فیلتر	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۷
	اتفاق ته نشینی	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۱۸
	سیکلون	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۷
	HEPA	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۱۷
	Wet Scraber	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۵
	ESP	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۵
NH ₃	جذب شیمیایی	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۲۴	۰/۲۱
	احیا کاتالیستی غیر انتخابی	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۰
	پلاسما	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۲۰
	دود کش مرتفع	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۱۴	۰/۲۰
	فلرینگ	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۹
VOCs	فلرینگ	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۵
	پلاسما	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۶
	پلاسما شیمی	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۶
	کربن فعال	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۴

آنالیز اولویت فناوری منتخب به تفکیک

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور کنترل بخارات آمونیاک، فناوری مبتنی بر جاذبهای شیمیایی با بیشترین ضریب نزدیکی ۰/۸۶۷ به عنوان گزینه مناسب تعیین شده است. از مهم‌ترین دلایل اولویت فناوری ذکر شده می‌توان به راندمان جداسازی بخارات آمونیاک به شیوه جذب شیمیایی، در دسترس بودن مواد شیمیایی جاذب، سهولت و هزینه پایین طراحی و ساخت فناوری ذکر شده اشاره نمود. دودکش مرتفع به دلایل عدم تأثیر در کاهش و حذف آلاینده‌گی و از طرفی انتقال آلاینده‌ها به فواصل دورتر از صنعت که ممکن است بخش‌های مسکونی و شهری باشد با ضریب نزدیکی ۰/۲۱۱۷ در اولویت آخر قرار گرفته است. استفاده از سیستم‌های استفاده مجدد یا جذب و بازگرداندن آمونیاک به چرخه‌های تولید که جزء لاینک فرایندهای پتروشیمی است، درجه و وزن مربوط به معیار هزینه حداقل می‌باشد [۲۶].

برای کنترل VOCs فناوری پلاسما شیمی با بیشترین ضریب نزدیکی ۰/۹۵۸۶ جهت تصفیه و تبدیل مواد فرار آلی، اولویت اول انتخاب شده است. دلیل انتخاب این

آلاینده‌ها: در جدول ۶ بیشترین امتیاز در انتخاب فناوری‌های بهینه تصفیه و جداسازی ذرات PM مربوط به فناوری HEPA برابر ۹۲۲ می‌باشد. با توجه به دامنه قطر ذرات منتشره در فعالیت‌های صنعتی صنایع پتروشیمی ($0.01\text{--}20 \mu\text{m}$) و از طرفی دامنه عملکرد مناسب فناوری‌های HEPA برای ذرات با قطر بزرگ‌تر از $0.01 \mu\text{m}$ [۲۵] این فناوری به عنوان گزینه منتخب و مناسب تعیین شده است. فناوری ESP در تصفیه ذرات بسیار کوچک ولی با نقص در جداسازی ذرات درشت‌تر، با ضریب نزدیکی ۰/۴۹ به عنوان گزینه دوم تعیین شده است. سیکلون و اتفاق ته‌نشینی به دلایل کاهش راندمان در جداسازی ذرات زیر ۱۰ میکرون در آخرین اولویت فناوری‌های منتخب قرار گرفته‌اند. در ارتباط با آلاینده PM در صنعت پتروشیمی، میزان اهمیت معیار راندمان تصفیه‌کنندگی، حداکثر وزن و طراحی فناوری‌های تصفیه مربوط به این آلاینده از حداقل وزن ممکن برخوردار شده است. همچنین در ارتباط با آلاینده NH₃، راندمان جداسازی و حذف حداکثر وزن لازم را از میان معیارها به خود اختصاص داده است.



جدول ۶- رتبه بندی و انتخاب فناوری بهینه تصفیه آلاینده‌های هوا در تحقیق مورد نظر

رتبه	ضریب نریدکی	فناوری‌های کنترلی VOCs			رتبه	ضریب نریدکی	فناوری‌های کنترلی NH ₃			رتبه	ضریب نریدکی	فناوری‌های کنترلی منفی			فناوری‌های PM
		فاصله از ایده آل	ایده آل مثبت	ایده آل منفی			فاصله از ایده آل	ایده آل منفی	فاصله از ایده آل			فاصله از ایده آل	ایده آل منفی	فاصله از ایده آل	
۴	.۰/۰۸۶	.۰/۰۹	.۰/۴۹۹	فلرینگ	۱	.۰/۸۶۷۳	.۰/۲۹۸	.۰/۰۴۶	جذب شیمیایی	۳	.۰/۴۷۶۵	.۰/۳۳۰	.۰/۳۵۲	بگ فیلتر	
۲	.۰/۸۵۲۶	.۰/۴۷۱	.۰/۰۸۱	پلاسما	۲	.۰/۷۳۸۹	.۰/۲۵۶	.۰/۰۹۱	احیا کاتالیستی غیر انتخابی	۶	.۰/۰۸۵۸	.۰/۰۵۷	.۰/۶۰۸	اتاک	
۱	.۰/۹۵۸۶	.۰/۵۲۴	.۰/۰۳۳	پلاسما شیمی	۳	.۰/۶۷۹۰	.۰/۲۱۵	.۰/۱۲۷	پلاسما	۵	.۰/۳۶۵۹	.۰/۲۴۶	.۰/۴۲۶	تہ نشینی سیکلون	
۳	.۰/۰۷۵۸	.۰/۰۴۱	.۰/۵۰۶	کربن فعل	۵	.۰/۲۱۷۱	.۰/۰۷۴	.۰/۲۶۸	دود کش مرتفع	۱	.۰/۹۲۳۱	.۰/۶۱۴	.۰/۰۵۱	HEPA	
					۴	.۰/۰۷۲۸	.۰/۱۲۸	.۰/۲۱۵	فلرینگ	۴	.۰/۰۴۰۶	.۰/۲۷۳	.۰/۳۹۸	Wet Scrubber	
										۲	.۰/۰۴۹۰۸	.۰/۳۲۸	.۰/۳۴۱	ESP	

آنالیز اولویت به تفکیک آلاینده‌ها، بیشترین امتیاز در انتخاب فناوری‌های بهینه تصفیه و جداسازی ذرات PM مربوط به فناوری HEPA می‌باشد و فناوری‌های ESP، بگ فیلتر، Wet Scraber، سیکلون و اتاک ته‌نشینی به ترتیب در اولویت دوم تا ششم قرار گرفتند. در ارتباط با آلاینده NH₃ ترتیب فناوری‌ها به صورت جذب شیمیایی، فلرینگ، پلاسما، احیا کاتالیستی غیرانتخابی و دودکش مرتفع می‌باشد. در ارتباط با آلاینده VOCs ترتیب فناوری‌ها به صورت پلاسما شیمی، پلاسما، کربن فعل و فلرینگ می‌باشد. امید است خوانندگان این مقاله بتوانند با در پیش گرفتن این شیوه و تبدیل آن به بسته‌های نرم‌افزاری (جهت سرعت و دقیقت محاسباتی) فرآیند تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری را به نحوه مطلوب انجام دهند. با استفاده از نتایج این پژوهش صنایع می‌توانند با اطمینان بیشتری نسبت عملکرد سیستم‌های کنترل الودگی صنعت خود را ارزیابی و در صورت انحراف، اقدامات اصلاحی مناسب را اعمال نمایند.

منابع

- Cholakov STG. Association between Petrochemical Air Pollution and Adverses Pregnancy Outcomes in Taiwan. 2002.
- Tassi F, Capecciacci F, Giannini L, Vougioukalakis GE, Vaselli O. Volatile organic compounds (VOCs) in air from Nisyros Island (Dodecanese Archipelago, Greece): Natural versus anthropogenic, Journal Environment Pollution. 2013;180:111–121.

گزینه هزینه‌های اولیه کم برای طراحی و ساخت و همچنین هزینه‌های نگهداری متوسط در مقایسه با سایر فناوری‌ها است. از طرفی دوره عملکرد با ثبات بالا و به دور از تأثیرپذیری از مداخلات فیزیکی و شیمیایی سایر آلاینده‌ها و فاکتورهای محیطی از نکات بر جسته این فناوری است. فناوری فلرینگ به دلیل هزینه‌های تأمین ساخت و نصب بسیار بالا و همچنین ضرورت استفاده از فضای مورد نیاز بزرگ با ضریب نریدکی .۰/۰۸۸ اولویت آخر این گروه از فناوری‌ها جهت کنترل VOCs می‌باشد. در ارتباط با آلاینده VOCs، این آلاینده‌ها به دلیل پیچیدگی در ساختار و ترکیبات تشکیل دهنده دارای پتانسیل خطر بیشتری هستند [۲۷]. آلاینده‌های فرار آلی برای کنترل نیاز به فناوری‌های پیچیده‌تری دارند، لذا هزینه لازم جهت تأمین فناوری‌های تصفیه همزمان ترکیبات VOCs با راندمان بالا از حداکثر وزن لازم برخوردار است و از طرفی این دستگاه‌ها راندمان مناسبی برای جداسازی و حذف همه ترکیبات VOCs به طور همزمان را ندارند به همین دلیل وزن معیار راندمان بسیار کم تعیین شده است [۲۴].

الگوریتم Topsis یکی از مطمئن‌ترین روش‌های علمی و مدیریتی فن تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد با استفاده از این تکنیک می‌توان با در نظر گرفتن تمامی جوانب شامل جنس معیارها، اولویت و وزن معیارها را نسبت به یکدیگر و همچنین شاخص‌ها را نسبت به معیارها سنجیده و آن‌ها را به شیوه‌ای منطقی اولویت‌بندی نماید. در ارتباط با



- Management. 1983;10:112- 124.
16. Salehi M, Tavakkoli R. Project Selection by Using a FuzzyTOPSIS Technique, World Academy of Science, Engineering and Technology. 2000;40: 85-90.
 17. Chen MF, Tzeng GH, Ding CG. Fuzzy MCDM approach to select service provider, IEEE international Conference on Fuzzy System. 2003; 572-577.
 18. Lei J. A Fuzzy multi-criteria decision analysis for assessing technologies of air pollution abatement at coal-fired power plants M.S thesis engineering in Environment, University of Regina. 2005.
 19. Yang M, Faisal I, Sadiq R. Prioritization of environmental issues in offshore oil and gas operations .Process Safety and Environmental Protection. 2011;89(1):22-34.
 20. Sadoughi Sh, Yarahmadi R, Taghdisi MH, Mehrabi Y. Evaluating and Prioritizing of Performance Indicators of HEALTH, Safety and Environment Using Fuzzy TOPSIS , African Journal of Business Management. 2012;6(5):2026-2033.
 21. Yazdani M. Risk Analysis for Critical Infrastructures Using Fuzzy TOPSIS , Journal of Management Research. Journal of Management Research. 2011;4(1):E6.
 22. Yarahmadi R, Sadoughi Sh. Evaluating and Prioritizing of Performance Indices of Environment Using Fuzzy TOPSIS, Indian Journal of Science & Technology. 2012;5(5).
 23. Wang YM, Elhag T. Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with a application to bridge risk assessment. Expert systems with applications. 2006;31(2):309-319.
 24. Matar S, Hatch LF. Chemistry of Petrochemical processes, second edition. 2001
 25. DOE-STD-3025. 2007.
 26. Radmehr M, Ghamkhar S. Assessment of air pollution in the petrochemical industry (production of urea and ammonia) and strategies for control and reduce pollution, Technical Seminar on Oil, Gas and Environmental. 2006. (Persian)
 27. Vigliani EC. Leukemia associated with benene: exposure, Anals of the New York Academy of sciences. 1979;271(143-151).
 3. Zannetti P. Environmental Modeling, Computational Mechanics, Pub & Elsevier Applied Science. 1993;1:108.
 4. Vlachokostas Chllas Ch, Moussiopoulon N, Banias G. Multicriteria Methodological Approach to Manage Urban Air Pollution, Atmospheric Environment. 2011;41:4160-4169.
 5. Moradi AM, Akhtar Kavan M. Methodology of the Multiple – Criteria Decision Making (MCDM). Arman Shahr Magazine. 2009;2:113-125. (Persian)
 6. Taslimi MS, Barghi M, Asgharizade E, Roshandel Arbatani T, Ghorbani R. Prioritizing of the Strategic Aims of the Organization: The Computational Model of Multiple – Criteria Decision Making (MCDM) with the Approach of Multiple Attribute Decision Making (MADM). Research Magazine of Management Knowledge. 2004;67:3-18. (Persian)
 7. Air Pollution Control Cost Manual, United States Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards, Sixth Edition, EPA/452/B-02-001, 2002 January.
 8. Lotfi ZA. Fuzzy sets, Inform. Control. 1965;8: 338 -356.
 9. Kalbar PP, Karmakar S, Asolekar SD. Selection of an appropriate wastewater treatment technology: A scenario-based multiple-attribute decision-making approach. Jornal of Environmental Management. 2012;113:158-169.
 10. Air Pollution Control Cost Manual, United States Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards, Sixth Edition, EPA/452/B-02-001, 2002 January.
 11. Jackson C, Furnham A. Designing and analyzing questionnaires and surveys: A manual for health professionals and administrators. London: Whurr Publishers. 2000.
 12. Lawshe C. A quantitative approach to content validity. Personnel psychology. 1975;28:563-575.
 13. Hwang CL, Yoon K. Multiple attributes decision making methods and applications, Springer, Berlin, Heidelberg. 1981.
 14. Chen MF, Tzeng GH, Ding CG. Fuzzy MCDM approach to select service provider, IEEE international Conference on Fuzzy System. 2003; 572-577.
 15. Robert J, Erson JR. An Empirical Analysis of Economic Strategies for Controlling Air Pollution, Journal of Environmental Economics and

Weighting and Prioritizing of Air Pollutant Filtration Technologies for Controlling NH₃, PM and VOCs by Fuzzy TOPSIS Method

Parvin Moridi¹, Farideh Atabi², Jafar Nouri³

Received: 2015/01/04

Revised: 2015/07/05

Accepted: 2015/07/26

Abstract

Background and aims: Air pollution is one of the most important factors in conflict with environmental quality in many cities around the world that can have negative effects on human health. Emission control from industrial and domestic sources in line with the objectives of sustainable development is an important and challenging problem. Decision making with regard to various indices of social, economic, and operational, is complicated. The aim of the present study is weighting, prioritization and selection of appropriate filtration technology with consideration of technical aspects, economic, high performance and low uncertainty.

Methods: In this study a fuzzy TOPSIS method was used for weighting and ranking of air pollutant filtration technologies. Five research criteria were efficiency, cost, maintenance, design and size. This five criteria were considered for ranking of air pollutant filtration technologies related to NH₃, PM, and VOCs.

Results: According to the results HEPA filters with coefficient of 0.923 were identified as the most appropriate filtration technology for the particles in the petrochemical industry. Chemical absorption with coefficient of 867/0 for controlling particulate matter and plasma chemical technology with coefficient of 9586/0 for controlling VOCs were identified as the best technology.

Conclusion: TOPSIS is one of the most reliable scientific and managerial methods of decision-making. In this study selecting the appropriate filtration technology for air pollutants including NH₃, PPM, VOCs was addressed using TOPSIS fuzzy method.

Keywords: Filtration Technology, Fuzzy TOPSIS method, Air pollutant, Particulate matter, Plasma chemical.

-
1. PhD student, Department of Environmental Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
 2. (Corresponding author) Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
 3. Professor, Department of Environmental Health Engineering, Tehran University of Medical Science, Tehran, Iran.
far-atabi@jamejam.net