محیط‌شناسی، دورهٔ ۴۰، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۳، صفحهٔ ۴۳۸-۴۳۱

برآورد منحنی هزینه برای کنترل انتشار گاز دی اکسید گوگرد (SO_2) از مجتمع مس سرچشمه

سمیه امیرتیموری*[۱]، صادق خلیلیان[۲]، حمید امیرنژاد[۳]، علی محبی[٤]

۱. دکتری اقتصاد منابع طبیعی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس sadeghkhalilian@yahoo.com
۳. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری hamidamirnejad@yahoo.com
٤. دانشیار گروه مهندسی شیمی، دانشکدهٔ فنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان amohebbi2002@yahoo.com

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۶/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۶

چکیده

معدن مس سرچشمه دومین معدن روباز جهان، از بزرگ‌ترین مجتمع‌های صنعتی- معدنی جهان و بزرگ‌ترین تولیدکنندهٔ مس در ایران به شمار می‌رود. این مجتمع نقش مهمی در اقتصاد ایران دارد. در این مجتمع همراه تولید مس، حجم عظیمی از مواد آلوده‌کننده تولید و وارد محیط می‌شود. عمده‌ترین مادهٔ آلوده‌کنندهٔ منتشرشده از این مجتمع، گاز SO_2 است. بر اساس اندازه‌گیری‌های سازمان محیط‌زیست استان کرمان، غلظت گاز SO_2 منتشرشده از این مجتمع همواره بیش از مقدار استاندارد آن بوده است. حجم زیاد این گاز، تأثیر مهمی در شکل‌گیری باران‌های اسیدی و بروز مشکلات زیست‌محیطی متعدد دارد. لزوم حفاظت از محیط‌زیست به صورت اصل انکارناپذیر در جهان پذیرفته شده است. توسعهٔ سیاست‌های کاهش آلودگی نیازمند داشتن اطلاعاتی در خصوص پتانسیل کاهش آلودگی و هزینهٔ آن است. منحنی هزینهٔ کاهش آلودگی (ACC)، نشان‌دهندهٔ کاهش آن در سطوح مختلف است. MACC نیز ابزار کلیدی در بحث‌های اقتصاد محیط‌زیست برای مدل‌سازی و سیاست‌گذاری است. لذا در این مطالعه، منحنی هزینهٔ کاهش آلودگی و هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی (MACC) برای SO_2 منتشرشده از این مجتمع با استفاده از رهیافت از پایین به بالا (روش اقتصادی- مهندسی) برآورد شد. نتایج نشان داد که هزینهٔ سالانهٔ کاهش هر تن SO_2 از ۴۴/۹۴ تا ۷۴۰۸/۷۱ هزار ریال متغیر است. هر دو منحنی مطابق انتظار با شیب منفی و نزولی برآورد شدند. ACC برآوردشده، اطلاعات مفیدی را در خصوص پتانسیل کاهش آلودگی و هزینهٔ آن، در اختیار مدیران این مجتمع قرار می‌دهد. MACC نیز ابزار سودمندی برای سیاست‌گذاران محیط‌زیست به منظور اتخاذ سیاست‌های کنترل آلودگی است.

کلیدواژه

دی اکسید گوگرد، روش اقتصادی- مهندسی، مجتمع مس سرچشمه، منحنی هزینهٔ کاهش آلودگی، هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی.

۱. سرآغاز

معدن مس سرچشمه در ۶۵ کیلومتری جنوب‌غربی رفسنجان و ۱۶۰ کیلومتری جنوب‌غربی کرمان واقع شده است. این معدن، دومین معدن بزرگ روباز جهان به شمار می‌آید. استخراج از معدن مس سرچشمه از ژانویهٔ ۱۹۸۲ شروع شده است و تاکنون ادامه دارد. کل ذخیرهٔ معدن بالغ بر ۱ میلیارد و ۲۰۰ میلیون تن سنگ سولفوری با عیار متوسط ۰/۷ درصد برآورد شده است. مجتمع مس سرچشمه از بزرگ‌ترین مجتمع‌های صنعتی- معدنی جهان و بزرگ‌ترین تولیدکنندهٔ مس در ایران است (میرحسینی،

* نویسنده مسئول: تلفن تماس:۰۹۱۳۲۹۵۴۲۰۷ Email: amirtaimoori@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱۳۸۶). این مجتمع نقش مهمی در اقتصاد ایران دارد و سبب اشتغال‌زایی در استان کرمان به خصوص شهرستان رفسنجان شده، به طوری که برای حدود ۸۰۰۰ نفر در ایران اشتغال ایجاد کرده و ۲۰۳۰۶۵ تن مس کاتدی در سال ۱۳۹۰ در این مجتمع تولید شده است (Website: Nicico, 2002).

به رغم این موضوع تکنولوژی عمده در مجتمع مس سرچشمه شامل عملیات ذوب و تولید مس در کوره‌های ریورب (شعله‌ای) و کنورتور پیرس- اسمیت است که کوره‌های شعله‌ای مس سرچشمه آخرین کوره‌های تولید مات از این نوع به شمار می‌روند؛ لذا حجم عظیمی از مواد آلوده‌کننده در این مجتمع، تولید و وارد محیط می‌شود. عمده‌ترین مادهٔ آلوده‌کنندهٔ منتشرشده از کارخانهٔ ذوب مجتمع مس سرچشمه، گاز SO_2 است، به طوری‌که میزان انتشار این گاز ۷۸۹/۹ تن در روز است (میرحسینی، ۱۳۸۶).

حجم زیاد این گاز، تأثیر مهمی در شکل‌گیری باران‌های اسیدی و بروز مشکلات زیست‌محیطی متعدد دارد. این گاز می‌تواند موجودات، گیاهان و اجسام منطقه را تحت تأثیر قرار دهد. تأثیر باران‌های اسیدی ناشی از انتشار این گاز را روی جنگل‌ها و محصول‌های کشاورزی، به دشواری می‌توان تعیین کرد. با وجود این، بررسی‌های آزمایشگاهی از رفتار متفاوت گیاهان زراعی رشدیافته در شرایط باران‌های اسیدی حکایت دارند (غیاث‌الدین، ۱۳۸۵). اثر عمدهٔ گاز SO_2 در سلامتی انسان با تأثیر گذاشتن روی سیستم تنفسی شروع می‌شود. غلظت‌های بالای این گاز، سبب تحریک فوری گلو، چشم و سرفه‌های شدید می‌شود. تأثیر گاز SO_2 روی حیوان‌ها تقریباً شبیه انسان‌ها و با شدت کمتر است. باران‌های اسیدی، از طریق حل‌کردن مواد معدنی و فلزات، سبب تخریب ساختمان‌ها می‌شوند. ساختمان‌هایی که از جنس سنگ‌های آهکی (مرمر، سنگ آهک و ماسه) هستند به باران‌های اسیدی حساسیت بیشتری دارند (شفیع‌زاده، ۱۳۸۶).

بر اساس اندازه‌گیری‌های ادارهٔ کل محیط‌زیست استان کرمان در سال‌های ۸۸- ۸۹، غلظت گاز SO_2 در محیط‌های اطراف مجتمع مس سرچشمه ۰/۵- ۱/۲ پی‌پی‌ام (ppm)[1] بوده که بیش از مقدار استاندارد آن (۰/۱۴ppm) است. به علت خسارت‌های واردشده به محصول‌های کشاورزی و دام‌ها و رایج‌شدن برخی بیماری‌ها در مناطق اطراف این مجتمع، افراد منطقه به کاهش انتشار این گاز تمایل دارند.

اتخاذ سیاست‌های مناسب برای کاهش آلودگی همچنین، تصمیم‌گیری در خصوص میزان کنترل آلاینده، به اطلاعاتی در خصوص پتانسیل کاهش آلودگی و هزینهٔ آن نیاز دارد. منحنی هزینهٔ کاهش آلودگی[2] این امکان را فراهم می‌آورد. لذا در این مطالعه منحنی هزینهٔ کاهش آلودگی و هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی[3] برای SO_2 منتشرشده از این مجتمع برآورد شده است.

۲. پیشینهٔ پژوهش

تاکنون مطالعه‌ای در خصوص برآورد منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی در کشور انجام نشده، اما در خارج از کشور مطالعات متعددی در این زمینه صورت گرفته است که در قسمت زیر به برخی از این‌ها که از روش اقتصادی- مهندسی استفاده کرده‌اند، اشاره می‌کنیم.

Wickborn در سال ۱۹۹۶ با انجام مطالعه‌ای، منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی را برای NO_X در سوئد برآورد و بدین منظور از روش اقتصادی- مهندسی استفاده کرد. منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی برآوردشده نسبت به مبدأ مختصات محدب برآورد شد که نشان می‌دهد با کنترل بیشتر آلاینده، هزینهٔ کاهش آلودگی هر بار بیشتر از قبل، افزایش می‌یابد (Wickborn, 1996).

Islas و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای، هزینهٔ کاهش آلودگی را برای SO_2 و NO_X منتشرشده از نیروگاه‌های تولید برق مکزیک برآورد کردند. آن‌ها بدین منظور روش اقتصادی- مهندسی به کار بردند. آن‌ها ۷ تکنولوژی برای کنترل آلاینده‌ها در نظر گرفتند (Islas, et al., 2005).

Archive of SID

www.SID.ir

Karvosenoja و Johansson در مطالعه‌ای، منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی NO_X و SO_2 را برای صنایع فنلاند با استفاده از روش اقتصادی- مهندسی برآورد و بدین منظور از مدل RAINS استفاده کردند. در این مطالعه ۵ تکنولوژی برای کنترل آلودگی NO_X و SO_2 در نظر گرفته شده است (Karvosenoja and Johansson, 2003).

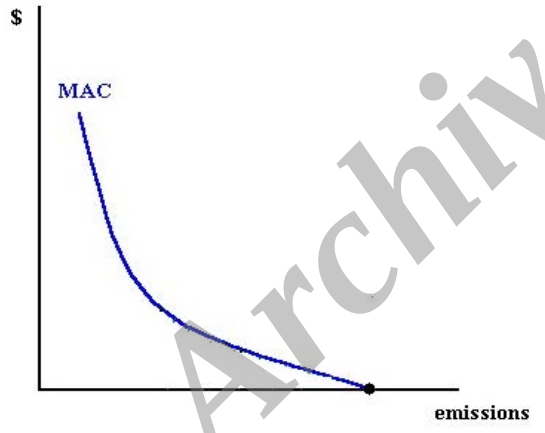
Beaumont و Tinch با انجام تحقیقی به برآورد منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی مس برای رود هامبر در انگلستان پرداختند. بدین منظور از روش اقتصادی- مهندسی و رهیافت از پایین به بالا استفاده کردند. در این مطالعه ۱۳ تکنیک برای کنترل آلودگی، همچنین دورهٔ زمانی ۲۰، ۱۰ و ۵ سال و نرخ بهرهٔ ۴ درصد در نظر گرفته شده و به تجزیه و تحلیل حساسیت پرداخته شده است (Beaumont and Tinch, 2004).

Hasanbeigi و همکاران (۲۰۱۰)، منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی CO_2 را برای صنایع سیمان تایلند برآورد و بدین منظور از روش اقتصادی- مهندسی و رهیافت از پایین به بالا استفاده کردند. در این مطالعه دورهٔ زمانی ۲۰۱۰- ۲۰۲۵ و نرخ بهرهٔ ۱۰ درصد انتخاب و ۴۱ تکنولوژی برای کاهش آلودگی در نظر گرفته شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که پتانسیل کاهش آلودگی سالانهٔ CO_2، ۳۱۳۴ کیلو تن و معادل ۱۵/۲ درصد CO_2 منتشر شده در سال ۲۰۰۵ است (Hasanbeigi, et al., 2010).

Vijay و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای به برآورد منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی NO_X پرداختند. بدین منظور از روش اقتصادی- مهندسی و رهیافت از پایین به بالا استفاده کردند. در این مطالعه یک دورهٔ زمانی ۲۰ ساله و نرخ بهرهٔ ۷ درصد و ۵ تکنولوژی برای کاهش آلودگی در نظر گرفته شده است (Vijay, et al., 2010).

۳. مواد و روش‌ها

در این مطالعه، منحنی هزینه برای کنترل SO_2 منتشرشده از مجتمع مس سرچشمه با عنوان «منحنی هزینهٔ کاهش آلودگی (ACC)» بیان می‌شود. ACC رابطهٔ بین انتشار آلودگی و حداقل هزینهٔ کاهش آلودگی را نشان می‌دهد (Beaumont, 2001). در واقع ACC نشان‌دهندهٔ هزینهٔ سالانهٔ کاهش آلودگی به ازای هر واحد آلودگی است. برای یک بنگاه منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی (MACC) هزینهٔ کاهش یک واحد اضافی از آلودگی را در سطح مشخصی از آلودگی نشان می‌دهد (Vijay, et al., 2010). MACC ابزاری کلیدی در بحث‌های اقتصاد محیط‌زیست و تعیین سطح بهینهٔ آلودگی است (McKitrick, 1999). منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی در شکل ۱ نشان داده شده است. محور افقی، انتشار آلودگی و محور عمودی، هزینه به ازای هر واحد کاهش آلودگی را نشان می‌دهد. طبق تئوری‌های اقتصادی، این منحنی شیب منفی و نزولی دارد.



شکل ۱. منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی (McKitrick, 1999)

به طور کلی بنگاه‌ها می‌توانند برای کاهش آلودگی‌های ناشی از فعالیتشان به سه روش عمل کنند. روش اول، کاهش تولید و متعاقب آن کاهش آلودگی است. روش دوم، تغییر در فرایند تولیدی (CIP)[۴] و روش سوم، استفاده از تکنولوژی‌هایی است که میزان آلودگی وارده به محیط‌زیست را کاهش می‌دهند (EOP)[۵]. روش‌های تخمین هزینهٔ کاهش آلودگی نیز به سه دستهٔ اصلی تقسیم می‌شوند: ۱. روش‌های مبتنی بر تئوری‌های اقتصاد خرد[۶]

Archive of SID
www.SID.ir

همانند رهیافت تابع هزینه[۷] (Gollop and Roberts, 1985) و رهیافت تابع فاصله[۸] (Fare, et al., 1993; Kwon and Yun, 1999; Lee, 2005; Park and l im, 2009)؛ ۲. روش‌های اقتصادسنجی[۹] (Becker, 2005; Hartman, et al., 1997)؛ ۳. روش‌های اقتصادی- مهندسی[۱۰] (Beaumont and Ti nch, 2004; Hasanbeigi, et al., 2010; Karvosenoja and Johansson, 2003; Vijay, et al., 2010).

در رهیافت تابع هزینه، آلودگی همراه نیروی کار، انرژی و سرمایه به‌منزلهٔ نهاده در فرایند تولید لحاظ می‌شود. هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی با تخمین تغییر در تابع هزینه به ازای تغییر در سطح آلودگی برآورد می‌شود. Fare و همکاران در سال ۱۹۹۳ رهیافت تابع فاصلهٔ ستاده را مطرح کردند و به تازگی به طور گسترده‌ای به کار گرفته شده است. در این رهیافت قیمت سایه‌ای یا هزینهٔ فرصت کاهش یک واحد آلودگی نشان‌دهندهٔ هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی است. در دو رهیافت مذکور (رهیافت تابع هزینه و تابع فاصلهٔ ستاده) هزینهٔ کاهش آلودگی با در نظر گرفتن کاهش آلودگی از طریق کاهش محصول برآورد می‌شود. در این دو رهیافت تغییر در فرایند تولید و تکنولوژی‌های کاهش آلودگی به طور صریح ملاحظه نمی‌شوند. این در حالی است که ممکن است با در نظر گرفتن آن‌ها، هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی کمتری نسبت به قیمت سایه‌ای برآوردشده با استفاده از این دو رهیافت برآورد شود.

MACC همچنین می‌تواند به وسیلهٔ مدل‌های اقتصادسنجی برآورد شود. این روش نیازمند اطلاعات گسترده‌ای در سطح بنگاه همانند مخارج سرمایه‌ای، هزینه‌های نصب و تعمیر تجهیزات کنترل آلودگی است. در این روش هزینهٔ کاهش آلودگی با استفاده از مدل‌های آماری تخمین زده می‌شود. یکی از نکات ضعف این روش و روش‌های مبتنی بر تئوری‌های اقتصاد خرد این است که نمی‌توان هزینهٔ کاهش آلودگی را به تکنولوژی خاصی نسبت داد.

آخرین روش تخمین MACC، استفاده از مدل‌های اقتصادی- مهندسی است. این مدل‌ها نیازمند اطلاعات تکنیکی بنگاه، اطلاعات تکنولوژی‌های کنترل و هزینهٔ آن‌ها همچنین، فهم کامل تکنیکی ساخت و نگهداری تکنولوژی‌های کنترل آلودگی است.

روش‌های اقتصادی و اقتصادسنجی به رغم اینکه اطلاعات مفیدی را برای تجزیه و تحلیل‌های تئوری و سیاست‌گذاران فراهم می‌کنند، اما این اطلاعات به ندرت برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان بنگاه مفیدند، زیرا ویژگی‌های بنگاه و تکنولوژی آن را منعکس نمی‌کنند. روش‌های اقتصادی- مهندسی جزئیات تکنولوژی‌های مختلف را برای کاهش آلودگی در سطح یک بنگاه نشان می‌دهند (Vijay, et al., 2010).

به طور کلی در مطالعات کاربردی از دو رهیافت عمده برای برآوردکردن MACC استفاده می‌شود. ۱. رهیافت از بالا به پایین:[۱۱] مدل‌ها در این رهیافت بر اساس مدل‌های اقتصاد کلان و اغلب در قالب مدل‌های تعادل عمومی (CGE)[۱۲] هستند (Nestor and Pasurka, 1995). ۲. رهیافت از پایین به بالا:[۱۳] روش‌ها در این رهیافت بر اساس رهیافت مهندسی‌اند که پتانسیل فنی برای کاهش آلودگی را تجزیه و تحلیل می‌کنند. این روش‌ها روی جزئیات تکنولوژیکی و اثر آن روی بنگاه تمرکز دارند (Klepper and Pterson, 2003).

اطلاعات به‌دست‌آمده از روش اقتصادی- مهندسی برای مدیران بنگاه مفید و کاربردی است و معایب دو روش دیگر را ندارد؛ لذا در این مطالعه از روش اقتصادی- مهندسی و گام به گام به شرح زیر استفاده شده است (Wickborn, 1996; Beaumont and Tinch, 2004):

۱. جستجو در خصوص تکنیک‌های کنترل آلودگی؛

۲. محاسبهٔ هزینهٔ کل و پتانسیل کاهش آلودگی برای تکنیک‌های مختلف و تعیین امکان ترکیب و ناسازگاری آن‌ها؛

۳. استانداردکردن داده‌ها؛

۴. استخراج منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی.

در بررسی هزینه‌های یک بنگاه تولیدی، هزینهٔ

Archive of SID
www.SID.ir

سرمایه‌گذاری و هزینه‌های تولید باید مد نظر قرار گیرد. هزینه‌های تأمین مواد اولیه، انرژی، تعمیرات و نگهداری، هزینه‌های پرسنلی، استهلاک و بیمه به‌منزلهٔ هزینه‌های تولید در نظر گرفته شده است. برای تخمین هزینهٔ سرمایه‌گذاری می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد. در این مطالعه به علت داشتن اطلاعات سایر مطالعات انجام‌شده، روش فاکتور نمایی استفاده‌شده در نسبت ظرفیت تولید کارخانه استفاده شده است. این روش، هزینهٔ سرمایه‌گذاری در هر کارخانهٔ جدید را به هزینهٔ سرمایه‌گذاری در کارخانه‌های مشابه ساخته‌شده از قبل، از طریق یک نسبت نمایی مربوط می‌کند. در کارخانه‌های مشابه، هزینهٔ سرمایه‌گذاری (C_n) به صورت حاصل‌ضرب هزینهٔ سرمایه‌گذاری مشابه انجام‌شده (C) در مقدار R با توان x محاسبه می‌شود. R در واقع نسبت ظرفیت کارخانهٔ جدید به ظرفیت کارخانهٔ قدیمی است. مقدار این توان برای بسیاری از کارخانه‌های فرایندی به طور متوسط بین ۰/۶ تا ۰/۷ است. در واقع در این روش، هزینهٔ سرمایه‌گذاری برای کارخانهٔ جدید به صورت رابطهٔ ۱ است (Peters and Timmerhaus, 1991).

$$C_n = CF_E (R)^{x_\circ} \qquad (۱)$$

در رابطهٔ بالا F_E، نسبت ارزش شاخص کنونی قیمت به ارزش شاخص در گذشته است. در تخمین هزینهٔ دستگاه‌ها و تجهیزات کارخانه‌ها، شاخص‌های قیمت تجهیزات مارشال و سویفت و شاخص‌های قیمت واحدهای مهندسی شیمی توصیه می‌شود که در این مطالعه از شاخص‌های قیمت واحدهای مهندسی شیمی استفاده شده است (همان منبع). همچنین، به منظور برآورد هزینه از مطالعات Islas و همکاران (۲۰۰۵) و شفیع‌زاده (۱۳۸۶) استفاده شده است.

در این مطالعه از روش ارزش فعلی (NPV)[۱۴] به منظور استانداردکردن داده‌ها استفاده شده که یکی از روش‌های استاندارد ارزیابی طرح‌های اقتصادی است. در این روش، هزینه‌ها و درآمدها بسته به اینکه در چه زمانی به وقوع خواهند پیوست، با نرخ بهرهٔ مناسبی طبق رابطهٔ زیر تنزیل می‌شوند:

$$NPV = \frac{R_t}{(۱+i)^t} \qquad (۲)$$

که در آن t: زمان انجام هزینه یا واقع‌شدن درآمد، i: نرخ بهره و R_t مقدار درآمد یا هزینه است (اسکونژاد، ۱۳۸۵).

۴. نتایج و بحث

به منظور برآورد منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی، ابتدا روش‌های کنترل SO_2 بررسی شد. دو روش اصلی کنترل نشر SO_2 عبارت‌اند از: ۱. حذف گوگرد از سوخت قبل از سوزانده‌شدن و ۲. بازیافت SO_2 از گازهای خروجی (Alley and Cooper, 2002). به علت اینکه مقدار ناچیزی از SO_2 منتشرشده از دودکش‌های کارخانهٔ ذوب مجتمع مس سرچشمه ناشی از سوخت است (۱/۴۱ درصد)؛ لذا در این مطالعه روش‌های بازیافت SO_2 از گازهای خروجی بررسی شد. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده و شرایط حاکم بر مجتمع مس سرچشمه، پنج روش که از لحاظ تجاری نیز در دسترس‌اند به شرح زیر انتخاب شدند:

۱. سیستم اکسیداسیون اجباری (LSFO)[۱۵]
۲. چی یودا[۱۶]
۳. خشک‌کردن پاششی آهک (LSDI)[۱۷]
۴. کارخانهٔ اسید سولفوریک[۱۸]
۵. اسکرابر آمونیاک[۱۹]

جدول ۱ کارایی حذف SO_2، هزینهٔ سرمایه‌گذاری[۲۰] و هزینهٔ بهره‌برداری و نگهداری[۲۱] را برای هر یک از روش‌های مذکور نشان می‌دهد.

از روش ارزش فعلی به منظور استانداردکردن داده‌ها و محاسبهٔ خالص ارزش فعلی هزینه‌ها استفاده شد. نرخ تنزیل ۲۰ درصد و عمر مفید ماشین‌آلات و تجهیزات نیز ۱۵ سال در نظر گرفته شد.

شکل ۲ منحنی هزینهٔ کاهش آلودگی را برای SO_2 منتشرشده از مجتمع مس سرچشمه نشان می‌دهد. این منحنی نشان‌دهندهٔ هزینهٔ سالانهٔ کاهش هر تن SO_2 در سطوح مختلف انتشار آن است.

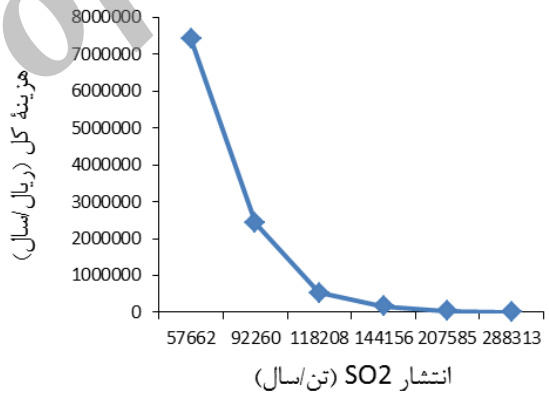
Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. داده‌های هزینه و کارایی حذف برای روش‌های مختلف کنترل SO_2 در مجتمع مس سرچشمه (سال ۱۳۹۲)

روش	کارایی حذف (درصد)	هزینهٔ سرمایه‌گذاری (میلیون ریال)	هزینهٔ بهره‌برداری و نگهداری سالانه (میلیون ریال)
۱	۹۸	۶۷۴۲۴۵	۱۵۰۴۱۸۰
۲	۹۵	۴۹۰۳۶۰	۱۲۶۷۹۳۰
۳	۵۰	۳۹۲۲۸۸	۵۷۸۳۲/۷۴
۴	۹۵	۲۶۹۶۹۸	۳۹۳۵۹/۳۰
۵	۹۷	۳۸۰۸۰/۶۰	۶۹۳۵۱/۷۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

این منحنی مطابق با تئوری، محدب و شیب آن منفی و نزولی است. هزینهٔ سالانهٔ کاهش هر تن SO_2 از ۴۴/۹۴ تا ۷۴۰۸/۷۱ هزار ریال متغیر و به طور متوسط ۳۷۲۶/۸۳ هزار ریال است.

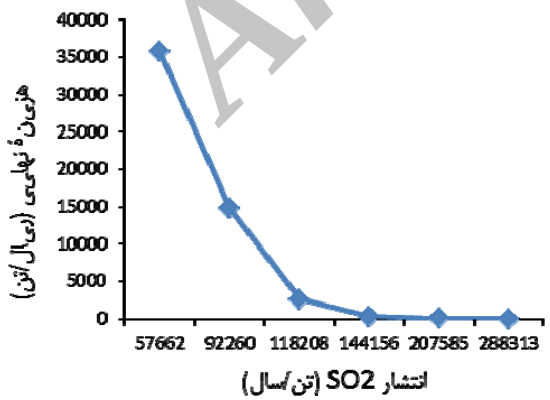


شکل ۲. منحنی هزینهٔ کاهش آلودگی برای کنترل SO_2 در مجتمع مس سرچشمه

شکل ۳ منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی را برای کنترل SO_2 مجتمع مس سرچشمه نشان می‌دهد که نشان‌دهندهٔ هزینهٔ کاهش یک تن اضافی از SO_2 در هر سطح مشخصی از SO_2 است. این منحنی نسبت به مبدأ مختصات، محدب و شیب آن منفی و نزولی است که نشان‌دهندهٔ این است که با انتشار بیشتر SO_2 هر بار مقدار کمتری از هزینهٔ کاهش آلودگی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر با کاهش انتشار SO_2، هزینهٔ کاهش آلودگی هر بار مقدار بیشتری افزایش می‌یابد. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی از ۴۴/۹۴ تا ۳۵۶۹۹/۹۵ هزار ریال به ازای هر تن متغیر است.

از آنجا که انتشار گاز SO_2 از مجتمع مس سرچشمه بیش از حد استاندارد است، لذا این مجتمع بایستی انتشار این گاز را کاهش دهد. منحنی هزینهٔ نهایی کنترل SO_2، ابزار مناسبی برای مدیران مجتمع مس سرچشمه برای اطلاع از پتانسیل کاهش آلودگی و هزینهٔ آن است.

یکی از راه‌های کنترل آلودگی، استفاده از روش‌های کنترل دستوری شامل لزوم استفاده از تجهیزات و روش‌های خاص کنترل آلودگی است. منحنی هزینهٔ نهایی کنترل آلودگی می‌تواند راهگشای خوبی در این زمینه باشد.



شکل ۳. منحنی هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی برای کنترل SO_2 منتشرشده از دودکش‌های کارخانهٔ ذوب مجتمع مس سرچشمه

با توجه به نتایج تحقیق، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

Archive of SID
www.SID.ir

– با توجه به هدف دولت و استفاده از منحنی هزینهٔ نهایی کنترل SO_2 که پتانسیل کاهش آلودگی و هزینهٔ آن را نشان می‌دهد، دولت می‌تواند گسترش کارخانهٔ اسید سولفوریک، خشک‌کردن پاششی آهک و سایر روش‌های کنترل SO_2 را برای این مجتمع الزامی کند.

– از آنجا که منحنی هزینهٔ نهایی کنترل SO_2، پتانسیل کاهش آلودگی و هزینهٔ آن را نشان می‌دهد؛ لذا پیشنهاد می‌شود مدیران مجتمع مس سرچشمه از آن برای انتخاب روش و میزان کنترل این آلاینده استفاده کنند.

– با استفاده از منحنی‌های هزینهٔ نهایی کاهش آلودگی (MACC) و منفعت نهایی کاهش آلودگی (MAB)[۲۲] می‌توان میزان بهینهٔ اجتماعی آلودگی و مالیات بر آن را برآورد کرد. لذا دولت می‌تواند با أخذ مالیات، هزینهٔ خسارات واردشده به افراد را درونی[۲۳] کند تا این مجتمع، هزینه‌های اجتماعی[۲۴] را به جای هزینه‌های خصوصی[۲۵] بپردازد و میزان انتشار این گاز به سطح بهینهٔ اجتماعی آن برسد.

یادداشت‌ها

1. Part Per Million
2. Abatement Cost Curve
3. Marginal Abatement Cost Curve
4. Change-In-Process
5. End-Of-Pipe
6. Microeconomic Theory-Based Methods
7. Cost Function Approach
8. Distance Function Approach
9. Econometric Methods
10. Engineering- Economic Methods
11. Top-Down
12. Computable General Equilibrium
13. Bottom-Up
14. Present Value Method
15. Limestone Forced Oxidation
16. Chiyoda
17. Lime Slurry Duct Injection
18. H2SO4
19. Ammonia Scrubber
20. Capital Cost
21. Operation and Maintenance Cost
22. Marginal Abatement Benefit
23. Internalize
24. Social Costs
25. Private Costs

منابع

اسکونژاد، م. ۱۳۸۵. اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی، چاپ بیست و پنجم، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

شفیع‌زاده، ش. ۱۳۸۶. امکان‌سنجی فنی و اقتصادی حذف SO_2/SO_3 از واحد اسیدسولفوریک در صنعت پتروشیمی و تبدیل آن به سولفات آمونیوم. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکدهٔ محیط‌زیست و انرژی، دانشگاه آزاد تهران واحد علوم و تحقیقات.

غیاث‌الدین، م. ۱۳۸۵. آلودگی هوا: منابع، اثرات و کنترل. چاپ انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

میرحسینی، م. ۱۳۸۶. هیدروژئوشیمی و پتانسیل بارانهای اسیدی در تحرک برخی از عناصر در خاک‌های مناطق مجاور مجتمع مس سرچشمه. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

Alley, F. C. and Cooper, C. D. 2002. Air pollution control: a design approach. Slem: Waveland Press.

Beaumont, N. J. 2001. A methodology for the assessment of environmental benef its and costs of pollution abatement schemes. Britain: Environment Agency publication.

Beaumont, N.J. and Tinch, R. 2004. Abat ement Cost Curves: A Viable Management Tool for Enabling the Achievement of Win–Win Waste Reduction Strategies? Environmental Management, 71: 207–215.

Becker, R. A. 2005. Air Pollution Abatement Costs under the Clean Air Act: Evidence from the PACE Survey . Journal of Environmental Economics and Management, 50: 144–169.

Fare, R., Grosskopf, S., Lovell, C. A. K. and Yaisawarng, S. 1993. De rivation of Shadow Prices for Undesirable Outputs: A Distance Function Approach. Review of Economics and Statistics, 75: 374–380.

Archive of SID
www.SID.ir

Gollop, F.M. and Roberts, M. J. 1985. Cost-Minimizing Re gulation of Sulfur Emissions: Re gional Gains in Electric Power. Review of Economics and Statistics, 67: 81–90.

Hartman, R. S., D. and Singh, M. 1997. The cost of air pollution abatement. Applied Economics, 29: 759–774.

Hasanbeigi, A., Ch. Menke and Price, L. 2010. The CO_2 abatement cost curve for the Thailand cement industry. Journal of Cleaner Production, 18:1509-1518.

Islas, J., Manzini, F., Grande, G., Pérez, M. 2005. SO_2, NOx, and Particle Control Technologies and Abatement Costs for the Mexican Electricity Sector. World Resources Institute publication.

Karvosenoja, N. and Johansson, M. 2003. Cost curve analy sis for SO_2 and NOx emission control in Finland. Environmental Science and Policy, 6: 329–340.

Klepper, G. and Peterson, S. 2003. Marginal abatement cost curves in ge neral equilibrium: the influence of world energy prices. Journal of Resource and Energy Economics, 28: 1–23.

Kwon, S. and Yun, W. C. 1999. Estimation of the marginal abatement costs of airborne pollutants in Korea's power generation sector. Energy Economics, 21: 545–558.

Lee, M. 2005. The shadow price of substitutable sulfur in th e US electric power plant: a distance function approach. Journal of Environmental Management, 77: 104–110.

McKitrick, R. 1999. A derivation of th e marginal abatement cost curve. J ournal of Environmental Economics and Management, 37: 306–314.

Nestor, D.V. and Pasurka, C. A. 1995. CGE model of pollution abatement pr ocesses for assessing the economic effects of environmental policy. Journal of Economic Modelling, 12(1): 53–59.

Park, H. and Lim, J. 2009. Valuation of Marginal CO_2 Abatement Options for Electric Power Plants in Korea. Energy Policy, 37: 1834-1841.

Vijay, S., DeCarolis, J. F. and Srivastava, R. K. 2010. A Bottom-up Method to Bevelop Pollution Abatement Cost Curves for Coal-Fired Utility Boilers. Energy Policy, 38: 2255-2261.

Wickborn, G. 1996. Avoidance Cost Curves for NOx London Group Meetingon Environmental Accounting. Stockholm, May 28–31.

www.nicico.com

Archive of SID

www.SID.ir