فصلنامه علوم محیطی، دوره هجدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹

۴۵-۵۶

بررسی فاکتورهای موثر در میزان تولید CO_2 در واحدهای صنعتی استان اصفهان با کاربرد آنالیز خط مرزی

بهزاد صنعتی نیا، محمد هادی ابوالحسنی* و عاطفه چمنی

گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵

صنعتی نیا، ب.، م.ه. ابوالحسنی و ع. چمنی. ۱۳۹۹. بررسی فاکتورهای موثر در میزان تولید CO_2 در واحدهای صنعتی استان اصفهان با کاربرد آنالیز خط مرزی. فصلنامه علوم محیطی. ۱۸(۱): ۵۶-۴۵.

سابقه و هدف: با آغاز عصر صنعتی و رشد روزافزون تولید و مصرف، تغییرات بسیاری در زندگی انسان‌ها رخ داده است. نیاز به انرژی و تامین آن از سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی سبب نشر شدید گازهایی مانند دی‌اکسیدکربن (CO_2) در جو شده است.

مواد و روش‌ها: بمنظور بررسی فاکتورهای تاثیر گذار بر تولید دی‌اکسیدکربن در واحدهای صنعتی پرسشنامه‌ای براساس مشخصات واحدهای صنعتی از جمله محل نمونه‌برداری، سطح مقطع دودکش، درجه حرارت محیط، میزان رطوبت نسبی، قطر نازل انتخابی، دمای گاز خروجی دودکش، سرعت گاز خروجی، دبی گاز خروجی، دبی گاز خروجی در شرایط استاندارد، حجم مکش شده، حجم مکش شده در شرایط استاندارد، وزن اولیه فیلتر، وزن ثانویه فیلتر، اختلاف وزن فیلتر، میزان ذرات معلق خروجی دودکش خشک و میزان ذرات معلق خروجی دودکش تر تهیه گردید. زمان نمونه‌برداری اواسط هر فصل بوده است، که به‌ترتیب ۱۵ اردیبهشت، ۱۵ مرداد، ۱۵ آبان و ۱۵ بهمن ماه است.

نتایج و بحث: نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد با افزایش سطح مقطع دودکش مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد نیز افزایش یافته است. همچنین با افزایش میزان رطوبت نسبی مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد کاهش پیدا کرده که بیانگر شرایط بهینه محیطی از نظر آلودگی می‌باشد. در خروجی دودکش با کاهش قطر نازل انتخابی مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد نیز کاهش یافت. با افزایش دمای گاز خروجی دودکش نیز کاهش مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد دیده می‌شود و نیز با افزایش سرعت گاز خروجی مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد کاهش پیدا کرد. و در آخر با افزایش حجم مکش شده در شرایط استاندارد مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد با هم افزایش پیدا کرد.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج این مطالعه، آنالیز خط مرزی یک روش مناسب برای تعیین اثرهای فاکتورهای موثر بر تولید دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد است.

واژه‌های کلیدی: دی‌اکسیدکربن، هوای مازاد، آنالیز خط مرزی.

*Corresponding Author. *Email Address*: H.abolhasani@khuisf.ac.ir

مقدمه

امروزه با توجه به افزایش جمعیت و افزایش سطح زندگی، توجه به آلودگی شدت گرفته است. آلودگی مجموعه عامل‌های فیزیکی، بیولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و زیباشناختی است که بر افراد و بر جوامع تاثیر می‌گذارد و از آن متاثر می‌گردد. این مجموعه، روابط و بقای موجودات را تعیین می‌کند. محیط‌زیست را می‌توان به مفهوم اجزای کره‌خاکی دانست که در آن حیات وجود داشته باشد. وجود هرگونه تغییر در ویژگی‌های آب، خاک و هوا و مواد غذایی که اثر نامطلوبی بر سلامت انسان و موجودات زنده و محیط‌زیست داشته باشد آلودگی نامیده می‌شود (Soltani *et al*., 2011). توسعه فعالیت‌های صنعتی در دهه‌های گذشته موجب شده است تا غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر به‌طور فزایندهای افزایش یابد. افزایش گازهای گلخانه‌ای موجب گرم شدن کره زمین و به‌وجود آمدن مسائل محیط زیستی می‌شود. گاز CO_2 حدود ۸۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد. نیمی از CO_2 منتشر شده در اتمسفر، توسط صنایع و کارخانجاتی که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند ایجاد می‌شود. بنابراین از نظر محیط زیستی و بنابر پیمان کیوتو، کشورهای جهان باید CO_2 منتشر شده خود را کاهش دهند. فناوری‌هایی که در حال حاضر برای جداسازی CO_2 به‌کار می‌روند، بر مبنای فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی می‌باشند. فرآیندهایی نظیر، جذب و جذب سطحی فرآیندهای متداول برای جداسازی CO_2 بوده که چندین مشکل اساسی، از جمله طغیان و کف کردن، کانالیزه شدن و بالا بودن هزینه‌های عملیاتی را دارا می‌باشند (Ponce and Marshall, 2014). روش‌های مختلفی جهت آنالیز خلاء عملکرد وجود دارد، یکی از این روش‌ها که توانایی برآورد کارایی پتانسیل و دلایل خلاء حاصل کار را دارد، آنالیز خط مرزی[1] است (Soltani *et al*., 2011). در این‌گونه مطالعات اگر منابع تولید گیاهی (شامل ویژگی‌های خاک) و سطوح مختلف ورودی‌ها هم جمع‌آوری شود، می‌توان با استفاده از روش‌های آماری نظیر آنالیز خط مرزی، بالاترین کارکردها را در پاسخ به سطح معینی از دسترسی به منابع مشخص کرد (Van Ittersum *et al*., 2013). اگرچه روش‌های رگرسیونی می‌توانند به‌وضوح روابط بین متغیرهای مختلف با نتیجه کار را نشان دهند، اما همبستگی بین این متغیرها و تأثیر همزمان و نهایی برهمکنش آن‌ها بر تحلیل‌عملکرد سبب پنهان شدن جنبه‌های مهمی از اطلاعات و تخمین پایین‌تر از حد کارایی پتانسیل خواهد شد. دلیل این امر این است که مدل‌های رگرسیونی، میانگینی از پراکندگی داده‌ها را نشان می‌دهند (Shatar and Mcbratney, 2004).

آنالیز خط مرزی روشی است که به‌نظر می‌رسد در این گونه مطالعات می‌تواند مکملی برای روش‌های رگرسیونی و مدل‌های آماری معمول باشد. در این روش که اولین‌بار توسط Web (1972) مطرح شده است با استفاده از یک معادله بین حداکثر راندمان‌های به‌دست آمده و یک متغیر هدف (بدون در نظر گرفتن اثر دیگر عامل‌های موثر بر کارکرد) یک رابطه برقرار می‌کند که در این معادله Ymax حداکثر کارایی، به‌عنوان تابعی از مقادیر مختلف متغیر X و θ نیز پارامترهای معادله می‌باشد که از طریق اندازه‌گیری‌های متعدد Y و X در مزرعه‌های مختلف تخمین زده می‌شوند (Makowski *et al*., 2007). این روش موجب شناخت پاسخ میزان کار به تنها یک متغیر از میان داده‌های متعدد جمع‌آوری شده، می‌شود، در حالیکه کارکرد به خودی خود تحت تأثیر متغیرهای زیادی بوده و در اصل راندمان نهایی، میانگینی از پاسخ‌های مختلف به این متغیرها می‌باشد (Makowski *et al*., 2007). در این دیدگاه، به جای اینکه از وسط پراکندگی داده‌ها خطوط رگرسیونی برازش داده شود، مرز بالایی پراکندگی داده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مرز نشان‌دهنده بالاترین نتیجه کارهای به‌دست آمده (پتانسیل عملکرد) و یا بهترین راندمان تحت تأثیر سطوح مختلف یک عامل یا نهاده‌ی خاص می‌باشد. در این روش فرض بر این است (با مجموعه داده زیاد) که این کارکردها بالاترین نتیجه کار ممکن در غیاب هرگونه عامل محدودکننده‌ی دیگر هستند و همه نقاطی که پایین‌تر قرار می‌گیرند به‌وسیله دیگر عوامل محدود شده‌اند. تأکید بر مرز بالایی داده‌ها در میان یک ابر داده[2] سبب می‌شود تا بیننده کمتر دچار سردرگمی شده و درک رابطه بین حاصل کار

و متغیر مستقل راحت‌تر باشد (Schmidt *et al*., 2000; Kitchen *et al*., 2003). هدف از این پایان‌نامه، شناسایی فاکتورهای اثرگذار بر تولید دی‌اکسیدکربن (CO_2) و میزان اثرگذاری آن‌ها توسط آنالیز خط مرزی در واحدهای صنعتی شهرستان اصفهان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در ابتدا براساس ویژگی‌های واحدهای صنعتی از جمله محل نمونه برداری، سطح مقطع دودکش، درجه حرارت محیط، میزان رطوبت نسبی، قطر نازل انتخابی، دمای گاز خروجی دودکش، سرعت گاز خروجی، دبی گاز خروجی، دبی گاز خروجی در شرایط استاندارد، حجم مکش شده، حجم مکش شده در شرایط استاندارد، وزن اولیه فیلتر، وزن ثانویه فیلتر، اختلاف وزن فیلتر، میزان ذرات معلق خروجی دودکش خشک و میزان ذرات معلق خروجی دودکش تر، پرسشنامه‌ای تنظیم گردید. سؤال پرسشنامه بدین صورت بود که برحسب واحد مشخص میزان دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد در هر یک از خروجی‌ها بررسی گردید و در پرسشنامه میزان اطلاعات در مورد این خروجی‌ها به‌صورت گزینشی مورد سؤال قرار گرفت.

داده‌ها از بخش آلودگی هوا اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان استفاده گردید. نمونه‌برداری در اواسط هر فصل و به‌ترتیب ۱۵ اردیبهشت، ۱۵ مرداد، ۱۵ آبان و ۱۵ بهمن ماه انجام شد. غلظت دی‌اکسیدکربن و هوای اضافی نیز در طی یک سال و در اواسط هر فصل در واحدهای صنعتی هدف اندازه‌گیری شده بر اساس آن، پرسشنامه‌ها تکمیل گردید.

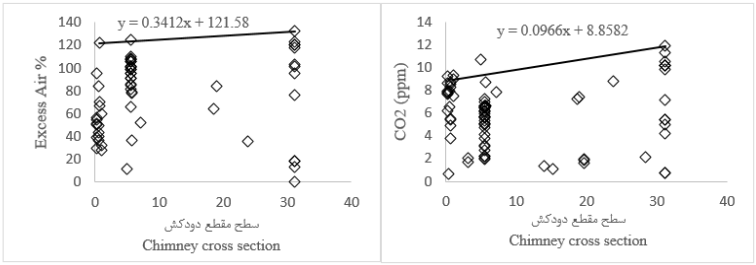
ابتدا سیستم‌های اصلی و جانبی نیروگاه‌های حرارتی در رابطه با منابع تولید آلودگی شناسایی شد. در این ارتباط سیستم‌های پایش سوخت، نوع دیگ بخار یا بویلر و مشخصات مشعل‌ها، مشخصات محفظه احتراق، سیستم کنترل احتراق، سیستم کنترل آلاینده‌ها، چرخه آب و بخار، قطر و ارتفاع دودکش و سیستم پایش آلاینده‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. مرحله‌ی بعد، غلظت حجمی آلاینده‌های منتشر شده گازی برحسب درصد برای انواع واحدهای هر نیروگاه به تفکیک فصل و تغییر سوخت در بار کامل اندازه‌گیری شده و با توجه به ساعات کارکرد واحدها در سال، فاکتور انتشار واقعی گازهای هوای مازاد و CO_2 در هر یک از خروجی دودکش‌های ۶ نیروگاه مورد بررسی در استان اصفهان، میزان کل آلودگی منتشر شده از هر واحد نیروگاهی در سال، محاسبه گردید.

داده‌های به‌دست آمده به وسیله نرم‌افزار SAS[3] و روش آنالیز خط مرزی مورد آنالیز قرار گرفت (Hajar Poor *et al*., 2015). می‌توان پنج مرحله کلی را برای آنالیز خط مرزی متصور شد (Shatar and Mcbratney, 2004).

۱. بررسی نمودار پراکنش داده‌ها؛ در ابتدا باید میان کارکرد به‌عنوان متغیر وابسته و یک متغیر مستقل هدف که در اینجا یک مدیریت خاص آلودگی هوا بود، یک نمودار پراکندگی (به نمودار XY یا اسکتر[4] نیز معروف است) رسم کرد. این مرحله از کار کمک کرده تا با دید کلی‌تری روابط بین دو دسته داده شناسایی شود که به حدس زدن تابع مناسب برای خط مرزی در مراحل بعدی می‌تواند بسیار مؤثر باشد.

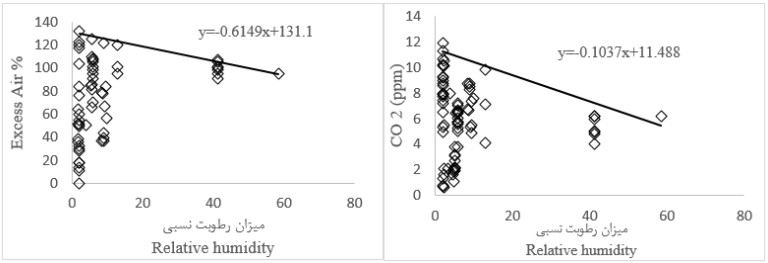
۲. دسته‌بندی و گروه‌بندی نقطه داده‌ها؛ در این مرحله با توجه به پراکنش نقاط و همچنین با کمک گرفتن از متخصصان و اطلاعات قبلی، متغیر مستقل را به گروه‌هایی با فواصل منظم و یا غیر منظم تقسیم شده. در برخی موارد داده‌ها به‌طور طبیعی در گروه‌های مجزا قرار دارند مانند تعداد دفعات آبیاری به‌عنوان یک متغیر مدیریتی. اگرچه توافقی بر روی بهترین روش گروه بندی یا تعداد گروه‌ها وجود ندارد (Makowski *et al*., 2007)، اما در مطالعات مختلف تقسیم محور X به ۸ تا ۱۰ قسمت پیشنهاد شده است (Banneheka *et al*., 2013).

۳. حذف داده‌های پرت و خارج از محدوده‌های مشخص شده؛ تأثیر وجود یک داده‌ی پرت در آنالیز خط مرزی به‌دلیل کم بودن تعداد داده‌های انتخاب شده (مرحله ۴) به مراتب شدیدتر از آنالیز رگرسیونی است که به کل داده‌ها و با روش کمترین توان‌های دوم برازش داده شده است (Shatar and Mcbratney, 2004). در این مرحله محقق باید علم کافی و اطلاعات قبلی مناسبی نسبت به داده‌های جمع‌آوری شده داشته باشد تا به اشتباه داده مهمی را کنار نگذارد.



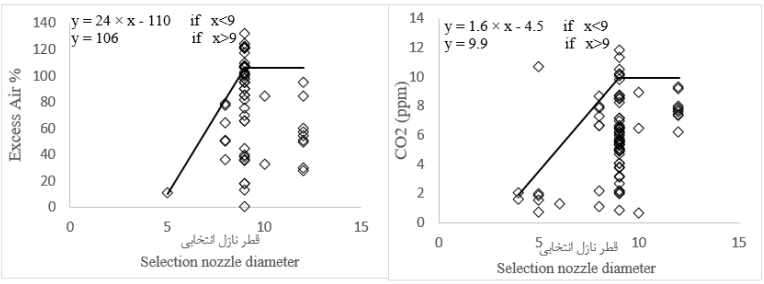
شکل ۱- برازش خط مرزی بین دو عامل دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد با سطح مقطع دودکش

Fig. 1- The boundary line between two factors (carbon dioxide and excess air) and chimney cross-section



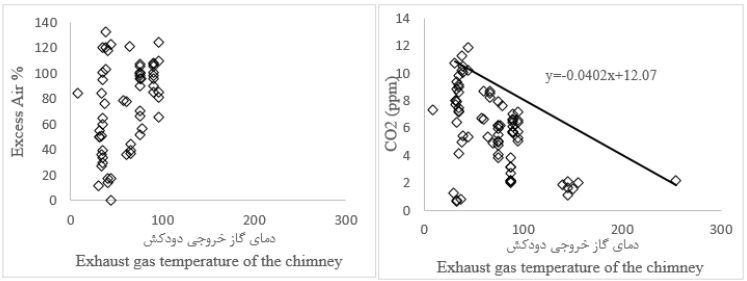
شکل ۲- برازش خط مرزی بین دو عامل دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد با میزان رطوبت نسبی

Fig. 2- The boundary line between two factors (carbon dioxide and excess air) and relative humidity



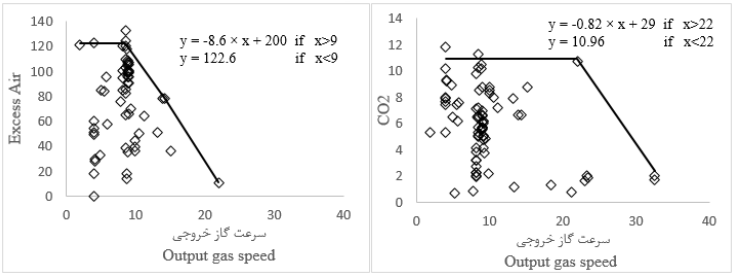
شکل ۳- برازش خط مرزی بین دو عامل دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد با قطر نازل انتخابی

Fig. 3- The boundary line between two factors (carbon dioxide and excess air) and the selected nozzle diameter



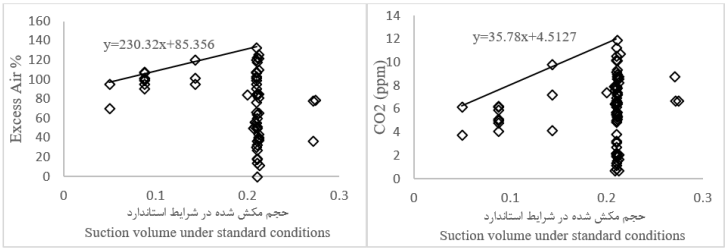
شکل ۴- برازش خط مرزی بین دو عامل دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد با دمای گاز خروجی دودکش

Fig. 4- The boundary line between two factors (carbon dioxide and excess air) and exhaust gas temperature



شکل ۵- برازش خط مرزی بین دو عامل دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد با سرعت گاز خروجی

Fig. 5- The of the boundary line between two factors (carbon dioxide and excess air) and the output gas speed



شکل ۶- برازش خط مرزی بین دو عامل دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد با حجم مکش شده در شرایط استاندارد
Fig. 6- The boundary line between two factors (carbon dioxide and excess air) and suction volume under standard conditions

۴. تشخیص بالاترین راندمان‌ها در هر زیرگروه؛ این مرحله در مطالعات مختلف متفاوت بوده است. به‌عنوان نمونه در برخی مطالعات مرز بالایی داده‌ها در هر گروه یا کلاس انتخاب شده‌اند و راندمان‌هایی که بالاتر از ۹۵ درصد در هر گروه هستند در نظر گرفته شده است (Kitchen *et al*., 2003). این روش انتخاب سبب شده که در برخی کلاس‌ها تعداد داده‌ها کم و در برخی کلاس‌ها تعداد داده زیادی انتخاب شود. Tasistro (2012) از داده‌هایی که کارکرد آن‌ها بالاتر از ۹۹ درصد در هر گروه بود میانگین گرفته و آن را به‌عنوان نقطه مؤثر در خط مرزی انتخاب کرد (Tasistro, 2012) در مطالعات دیگر مانند Web (1972) تنها بالاترین کارکرد در هر گروه به‌عنوان پاسخ حاصل کار به آن متغیر انتخاب شده است. در گروهی دیگر از مطالعات برای هر گروه تعداد مشخصی داده انتخاب شدند به‌عنوان نمونه Huang *et al*. (2008) در هر گروه چهار داده که بالاترین نتیجه کار را داشتند انتخاب کردند. در مطالعه حاضر بالاترین راندمان‌ها انتخاب شدند و بعضاً از گروه‌هایی که حاوی داده‌هایی با مقادیر غیرقابل‌قبول از لحاظ علم زراعت بودند صرف نظر شده است.

۵. آخرین مرحله از کار، برازش یک تابع مناسب به داده‌های به‌دست آمده در مرحله چهارم است که با توجه به نحوه چیدمان داده‌ها انجام شده است. این مرحله در نهایت ختم به یک مدل برای واکنش حداکثر راندمان‌ها به متغیر مستقل گشته است و در واقع یافتن مقدار عددی ضرایب و پارامترهای مدل است. برای تعیین ضرایب مدل با توجه به تابع واکنش از نرم‌افزارهای آماری مختلف استفاده شد.

نتایج و بحث

با رسم پراکنش داده‌های عملکرد در مقابل متغیرهای مختلف مدیریتی، بالاترین کارکردها در سطوح مختلف هر عامل انتخاب شد. با برازش یک خط بر لبه‌ی بالایی داده‌ها (بالاترین راندمان‌های انتخاب شده) مشخص شد که پاسخ کارکرد به‌عنوان متغیر وابسته به متغیرهای سطح مقطع دودکش، میزان رطوبت نسبی، قطر نازل انتخابی، دمای گاز خروجی دودکش، سرعت گاز خروجی و حجم مکش شده در شرایط استاندارد از توابع یک تک‌های و دو تک‌های تبعیت می‌کند. متغیرهای اصلی در رسم پراکنش CO_2 و هوای مازاد[5] می‌باشد.

نمودارهای ۱ نشان می‌دهند با افزایش سطح مقطع دودکش مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد نیز افزایش یافته است، این دو تابع از نوع یک تک‌های بوده است و با هم رابطه مستقیم دارند. نمودار ۲ نشان می‌دهد با افزایش میزان رطوبت نسبی مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد کاهش پیدا کرده است که بیانگر شرایط بهینه می‌باشد پس می‌توان نتیجه گرفت انتشار آلودگی کاهش پیدا کرده است، این دو تابع هم از توابع یک تک‌های بوده است. در نمودار ۳ خروجی دودکش هرچه قطر نازل انتخابی کوچکتر بوده مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد نیز کم شد، هر دو تابع از توابع دو تک‌های می‌باشند. نمودار ۴ نشان می‌دهد با افزایش دمای گاز خروجی دودکش نیز کاهش مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد دیده می‌شود که مقدار دی‌اکسیدکربن در این تابع از توابع یک تک‌های بوده و برای مازاد هوا به‌دلیل عدم پراکندگی داده‌ها تابعی برازش نشد. نمودار ۵ نشان می‌دهد با افزایش سرعت گاز خروجی مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد کاهش پیدا کرد که هر دو تابع دو تک‌های بوده است و در آخر با توجه به نمودار ۶ با افزایش حجم مکش شده در شرایط استاندارد

مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد با هم افزایش پیدا کرد که این توابع یک تک‌های می‌باشند. باقی مانده پارامترهای موجود در دودکش‌ها فارغ از فاکتورهای اندازه‌گیری شده هوای آزاد می‌نامند که می‌تواند شامل آلاینده‌های مختلف باشد در نتیجه مقدار هوای آزاد نیز می‌تواند تاثیرگذار بر روی آلودگی هوا باشد. محیط‌زیست خدماتی همچون حمایت از زندگی، عرضه منابع طبیعی و عرضه خدمات رفاهی برای انسان‌ها ایجاد می‌نماید. با توجه به اینکه محیط‌زیست، محیط مشترک همه انسان‌هاست، باید در جهت حفظ آن تلاش شود. یکی از مهمترین عوامل موثر در تخریب محیط زیست، انتشار دی‌اکسیدکربن می‌باشد که بهدلیل آثار مخرب آن بر تغییرات آب و هوایی، گرمایش جهانی و ... تلاش جهانی برای کاهش انتشار آن هر روزه افزایش می‌یابد (Daman Keshideh *et al.,* 2010). بخش عمده‌ای از آلودگی هوای خروجی کوره‌های ذوب ناشی از سوخت مصرفی کوره و بخشی دیگری از مواد اولیه مصرف شده در کوره می‌باشد. تشکیل ذرات معلق به ترکیب بار، دمای کوره ذوب، میزان تولید، مساحت مذاب در کوره و درصد خرده شیشه مصرفی بستگی دارد (Carvalho and Nogueira, 1990). در میان این عامل‌ها، میزان تولید، دما و مساحت مذاب شیشه بیشترین تاثیر را در میزان نشر ذرات بر جای می‌گذارند. از آن جا که این متغیرها همگی به یکدیگر وابسته‌اند، تعیین تاثیر نسبی هر یک به تنهایی، دشوار است. گرچه به‌نظر می‌رسد که دما مهمترین عامل باشد (Lindmark, 2002). دی‌اکسیدکربن از جمله گازهای گلخانه‌ای مهم بوده است که منبع عمدهٔ انتشار آن‌ها در واحدهای مورد بررسی، منابع احتراقی می‌باشند. در این تحقیق، جهت برآورد میزان انتشار گازهای دی اکسیدکربن و هوای مازاد از روش آنالیز خط مرزی استفاده گردید. براساس بررسی‌های صورت گرفته، مهمترین منابع انتشار در واحدهای مورد بررسی، سطح مقطع دودکش، میزان رطوبت نسبی، قطر نازل انتخابی، دمای گاز خروجی دودکش، سرعت گاز خروجی و حجم مکش شده در شرایط استاندارد می‌باشد (Ahmadi Moghadam *et al*., 2013).

Li-Na *et al.* (2013) با استفاده از مدل StIRPAT به تجزیه و تحلیل تاثیر عوامل مختلف بویژه شهرنشینی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در شهر تیانجین چین پرداخته‌اند. نتایج پژوهش گویای آن است که جمعیت و ساختار حمل و نقل تاثیر مهمی در انتشار گاز کربن داشته و شهرنشینی به‌طور مستقیم سبب افزایش انتشار کربن در شهر تیانجین می‌شود. Jeong and Kim (2013) در مقاله‌ای با به‌کارگیری روش تجزیه LMDI به بررسی عوامل موثر بر تغییرات انتشار CO_2 در صنایع کره‌جنوبی پرداختند. برای این منظور آن‌ها انتشار CO_2 را به پنج عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار تجزیه نمودند و به این نتیجه رسیدند که تغییرات اثر ساختاری، اثر شدت انرژی و اثر ضریب انتشار نقش کاهنده در انتشار CO_2 داشته‌اند که در این میان اثر ساختاری بیشترین نقش را در این کاهش داشته است. تغییرات اثر فعالیت و اثر ترکیب سوخت منجر به افزایش انتشار CO_2 شده‌اند. Sadeghi *et al.* (2007) با هدف بررسی راهکارهای افزایش بازده نیروگاه و آثار محیط زیستی و اقتصادی آن، به بررسی بازده نیروگاه‌های گازی، سیکل ترکیبی و بخاری پرداختند، همچنین هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌ها و اثرهای آن بر سلامت انسان و محیط زیست را مطالعه کردند، مطالعات آن‌ها نشان داد که در نتیجه‌ی افزایش بازده، میزان آلاینده‌های تولید و هزینه‌های اجتماعی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و این کاهش نیز بیشتر در نیروگاه‌های بخاری رخ می‌دهد، بنابراین ارجحیت افزایش بازده را در نیروگاه‌های بخاری دانسته‌اند که این نتایج با مطالعات صورت گرفته در این تحقیق در یک راستا بوده است. Nazari and Bakhshi (2009) به تجربه عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن در صنایع ایران پرداخته‌اند. با استفاده از روش تجزیه عوامل انتشار دی‌اکسیدکربن به بررسی عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسیدکربن اثر تولید، ساختاری، شدت انرژی و ترکیب سوخت و اثر باقیمانده پرداخته شده است. بر این اساس نشان داده‌اند که در ۲۵ سال گذشته اثر تولیدی و اثر شدت انرژی مهمترین عوامل انتشار دی‌اکسیدکربن و اثر ترکیب ناچیز بوده است که با این تحقیق و مطالعات انجام شده همسو می‌باشد.

Holtz-Eakin and Selden (1995) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های پنل دیتا به این نتیجه رسیدند که

قانون بازدهی نزولی بین انتشار دی‌اکسیدکربن و تولید ناخالص داخلی سرانه وجود دارد.

Cowana *et al.* (2014) در مطالعه‌ای بر روی رابطه علّی بین مصرف الکتریسیته و رشد اقتصادی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در کشورهای بریکس (برزیل، روسیه، هند، چین و آفریقای جنوبی) تمرکز کردند. آن‌ها داده‌های پنل این کشورها را طی سال‌های 1990 تا 2010 بررسی نمودند و نتایج نشان داد که در نظر گرفتن رابطه تولید ناخالص داخلی الکتریسیته، نظریه بازخورد برای روسیه و نظریه محافظت برای آفریقای جنوبی صدق می‌کند و نظریه خنثی سازی برای برزیل، هند و چین صدق می‌کند و روی این مورد تاکید دارد که مصرف الکتریسیته و رشد اقتصادی در این سه کشور، نسبت به همدیگر حساس نیستند. با توجه به رابطه انتشار دی‌اکسیدکربن و تولید ناخالص داخلی، نظریه بازگشتی برای روسیه صدق می‌کند، علیت یکطرفه گرنجر از تولید ناخالص داخلی به انتشار دی‌اکسیدکربن برای آفریقای جنوبی برقرار است و رابطه علیت گرنجر برعکسی برای برزیل از انتشار دی‌اکسیدکربن به تولید ناخالص داخلی برقرار است.

Furuoka (2015) طی پژوهشی به بررسی رابطه بین انتشار دی‌اکسیدکربن و توسعه یافتگی پرداخت. برای این منظور او از سه روش مختلف رگرسیون مقطعی، رگرسیون همانباشته و رگرسیون آستانه برای بررسی این رابطه استفاده کرد. نتایج نشان‌دهنده تغییر ساختاری در شکل منحنی محیط زیستی در ارتباط با توسعه اقتصاد و انتشار دی‌اکسیدکربن است. نتایج بیانگر این است که شکل منحنی از N معکوس به شکل U معکوس تغییر یافته است. در ادامه نتایج آمده است که پژوهش منحنی U معکوس کوزنتس[6] را برای رابطه معکوس بین شدت انتشار دی‌اکسیدکربن و رشد اقتصادی تایید می‌کند.

نتیجه گیری

مصرف روزافزون انرژی در ایران و تولید گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از آن نگرانی‌های زیادی را درباره وضعیت محیط زیستی در ایران برانگیخته است.

امروزه به‌دلیل افزایش آلودگی هوا و تخریب محیط زیست و تأثیر آن روی افزایش دمای کره زمین، کنترل آلودگی هوا و حفظ محیط زیست یکی از اهداف سیاستمداران می‌باشد. از طرفی دیگر دی‌اکسیدکربن به‌عنوان یکی از گازهای گلخانه‌ای تاثیرگذار بر محیط زیست شناخته شده که سهم انکار ناپذیری در آلودگی هوا دارد. از این رو در این پژوهش به بررسی عوامل موثر بر میزان انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن در ایران شامل جمعیت، مساحت مناطق جنگلی، تولید ناخالص داخلی[7]، تولید برق به تفکیک سوخت‌های فسیلی و منابع آبی و مصرف سوخت‌های فسیلی با روش رگرسیون چندگانه و بر پایه حداقل سازی مجموع مربعات[8] پرداخته شده است.

میزان تراکم اکسیدهای ازت در خروجی دودکش کوره ذوب به عواملی نظیر هوای پیش گرم، گرمای خروجی، هوای اضافه، سرعت اشتعال، رقیق‌سازی و نوع سوخت بستگی دارند که به‌طور معمول هیچکدام از این عوامل کنترل نمی‌شود (Szego *et al.*, 2008). بنابراین توصیه می‌شود بمنظور کنترل تراکم این آلاینده‌ها در خروجی دودکش کوره ذوب عوامل مؤثر بر تولید این آلاینده مورد توجه و کنترل قرار گیرند. اگرچه در صورت استفاده از شستشودهنده‌های تر می‌توان انتظار داشت که سایر آلاینده‌های گازی شکل NO_X و SO_2 و همچنین گاز مهم گلخانه‌ای CO_2 نیز تا حدودی جذب شوند (Mohan and Meikap, 2008). اما دمای بسیار بالای هوای خروجی سبب می‌گردد تا مقدار قابل توجهی از آب پاک‌کننده تر نیز تبخیر گردد. هزینه اولیه استفاده از رسوب‌دهنده الکترواستاتیکی بسیار بالا بوده و با توجه به دمای بالای هوا در خروجی دودکش، در صورت استفاده از رسوب‌دهنده الکترواستاتیکی نیز لازم است دمای آن کاهش یابد.

Jeong and Kim (2013) در صنایع کره‌جنوبی با استفاده از تجزیه LMDI به بررسی عوامل موثر بر تغییرات انتشار CO_2 پرداختند. آن‌ها انتشار CO_2 را به پنج عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار تجزیه نمودند و به این نتیجه رسیدند که تغییرات اثر ساختاری، اثر شدت انرژی و اثر ضریب انتشار نقش کاهنده در انتشار CO_2 داشته‌اند که در این میان اثر ساختاری بیشترین نقش را در این کاهش داشته است. تغییرات اثر

فعالیت و اثر ترکیب سوخت منجر به افزایش انتشار CO_2 شده‌اند. Jahanbin and Shafie (2010) نشان دادند که میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از دیگ‌های بخار کارخانه‌ی شکر در جنوب ایران از طریق اندازه‌گیری مستقیم، ۲۵۲۳۴۸ تن در سال می‌باشد که این مقدار در مقایسه با مطالعه‌ی حاضر بیشتر است.

Ponce and Marshall (2014) به‌طور تجربی به بررسی این موضوع پرداخته‌اند که چگونه انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح ملی تحت تاثیر شهرنشینی و سیاست‌های محیط زیستی قرار می‌گیرد. برای این منظور از مدل پنل دیتا برای ۸۰ کشور در فاصله‌ی زمانی ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۵ استفاده شده است. نتایج مدل اثرات تصادفی و ثابت نشان داده است که در سطح متوسط جهانی، کشش انتشار دی‌اکسیدکربن نسبت به شهرنشینی ۰/۹۵ می‌باشد. به‌طوری که یک درصد افزایش در شهرنشینی سبب افزایش ۰/۹۵ درصد در انتشار دی‌اکسیدکربن می‌شود. Lin and Moubarak (2013) تغییرات انتشار CO_2 مربوط به مصرف انرژی در صنعت نساجی چین را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با به‌کارگیری روش LMDI به این نتیجه رسیدند که تغییرات فعالیت‌های صنعتی عامل اصلی افزایش در انتشار گاز گلخانه‌ای CO_2 بوده و تاثیر تغییرات شدت انرژی در طول دوره مطالعه نوسانی بوده است. افزون بر این، تغییرات ترکیب سوخت و ضریب انتشار موجب کاهش انتشار CO_2 گشته و تغییرات اثر ساختاری، با وجود اثر محدود، به افزایش انتشار CO_2 کمک کرده است.

یکی از راه‌های کاهش دی‌اکسیدکربن بدون کاستن از تولید، بهبود شدت انرژی در بخش نیروگاهی کشور می‌باشد. اگر بتوان بهره‌وری انرژی (معکوس شدت انرژی) را افزایش داد، می‌توان بدون کاستن از سطح تولید به کاهش انتشار CO_2 رسید. راهکارهایی بمنظور کاهش عوامل موثر بر انتشار CO_2 در حد استاندارد هوای پاک پیشنهاد شده است. اعمال مالیات بر کربن و انرژی و همچنین ترویج و توسعه فناوری‌های بزرگ مقیاس تولید نیرو (با سوخت پاک) از جمله کارهایی است که دولت می‌تواند برای کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن بخش نیروگاهی انجام دهد.

نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش سطح مقطع دودکش مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد نیز افزایش یافته است و با هم رابطه مستقیم دارند. همچنین مشاهده شد با افزایش میزان رطوبت نسبی مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد کاهش پیدا کرده است که بیانگر شرایط بهینه می‌باشد. در خروجی دودکش هرچه قطر نازل انتخابی کوچک‌تر باشد مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد نیز کاهش می‌یابد. با افزایش دمای گاز خروجی دودکش نیز کاهش مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد دیده می‌شود و نیز با افزایش سرعت گاز خروجی مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد کاهش پیدا کرد. و در آخر با افزایش حجم مکش شده در شرایط استاندارد مقدار دی‌اکسیدکربن و هوای مازاد با هم افزایش پیدا کرد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Boundary-line analysis

[2] Data cloud

[3] Statistical Analysis System

[4] Scatter plot

[5] Excess Air

[6] EKC: Environmental Kuznets Curve

[7] GDP: Gross Domestic Product

[8] OLS: Ordinary Least Squares

منابع

Herath, K., 2013. A linear programming approach to fitting an upper quadratic boundary line to natural rubber data. Journal of the National Science Foundation of SriLanka. 41, 13-20.

Carvalho, M.G. and Nogueira, M., 1990. Modelling fluid flow and heat transfer in an industrial glass fur-

Ahmadi Moghaddam, M., Ghodrati, S. and Jafarzadeh Haghighifard, N., 2013. Estimation of CO_2 and CH_4 emission estimation using emission factors from Sugarcane Development Company. Jontashapeir Science. Medical journal. 3, 9-17.

Banneheka, B., Dhanushika, M., Wijesuriya, W. and

nace. In: Commission of the European Communities Directorate-General Telecommunications, Information Industries and Innovation (eds) ESPRIT '90. Springer, Dordrecht, Netherlands.pp. 530–543.

Cowana N., Changb, T., Inglesi-Lotza, R. and Gupta, R., 2014. The nexus of electricity consumption, economic growth and CO2 emissions in the BRICS countries. Energy Policy. 66, 359–368.

DamanKeshide, M., Nazari, M. and Rezaei, A., 2010. Factors affecting CO_2 emission in Iran (Case Study of Power Plants). Journal of Economic Sciences. 12, 38-49. (In Persian).

Furuoka, F., 2015. The CO_2 emissions–development nexus revisited. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 5, 1256–1275.

Hajjarpur, A., Soltani, A. and Torabi, B., 2014. Application of linear analysis in vacuum performance studies: a case study of wheat in Gorgan. Journal of Crop Production.101-85,(4)8.(In Persian).

Holtz-Eakin, D. and Selden, T., 1995. Stoking the fires? CO_2 emissions and economic growth. Journal of Public Economics. 57(1), 85-101.

Huang, X., Wang, L., Yang, L. and Kravchenko, A.N., 2008. Management effects on relationships of crop yields with topography represented by wetness index and precipitation. Agronomy Journal. 100(5), 1463-1471.

Jahanbin, S.H. and Shafie, M., 2010. Setting the project environmental advantages of fuel change from oil to natural gas boilers Agro Industry of Khuzestan Farabi. Proceedings of the First Annual conference on clean energy, Kerman, Iran. (In Persian).

Jeong, K. and Kim, S., 2013. LMDI decomposition analysis of greenhouse gas emissions in the Korean manufacturing sector. Energy Policy. 62, 1245-1253.

Kitchen, N.R., Drummond, S.T., Lund, E.D., Sudduth, K.A. and Buchleiter, G.W., 2003. Soil electrical conductivity and topography related to yield for three contrasting soil–crop systems. Agronomy Journal. 95, 483-495.

Li-Na, X., Tao, Z., Xiao-Feng, Y. and Yan-Dong, Z., 2013. Analysis the impact of urbanization on carbon emissions using the Stirpat Model in Tianjin, China. Journal of Applied Sciences. 21, 4608-4611.

Lin, B. and Moubarak, M., 2013. Decomposition analysis: change of carbon dioxide emissions in the Chinese textile industry. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 26, 389-396.

Lindmark, M., 2002. An EKC-pattern in historical perspective: carbon dioxide emissions, technology, fuel prices and growth in Sweden. Ecological Economics. 42, 333-347.

Makowski, D., Doré, T. and Monod, H., 2007. A new method to analyses relationships between yield components with boundary lines. Agronomy for Sustainable Development. 27, 119-128.

Mohan, B.R. and Meikap, B.C., 2008. Performance characteristics of the particulate removal in a novel spray-cum-bubble column scrubber. Chemical Engineering Research & Design. 87, 109-118.

Nazari, M. and Bakhshi, M., 2009. Decomposition of factors affecting CO_2 emission in Iranian industries. Ecological Economics. 56, 339-358.

Ponce de Leon Barido, D. and Marshall, J.D., 2014. Relationship between urbanization and CO2 emissions depends on income level and policy. Environmental Science & Technology. 7, 3632-3639.

Schmidt, U., Thöni, H. and Kaupenjohann, M., 2000. Using a boundary line approach to analyze N2O flux data from agricultural soils. Nutrient Cycling Agroecosystems. 57, 119-129.

Shatar, T.M. and Mcbratney, A.B., 2004. Boundary-line analysis of field-scale yield response to soil properties. Journal of Agricultural Science. 142, 553-560.

Soltani, A., Hajjarpoor, A. and Vadez, V., 2016. Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. Field Crops Research. 185, 21-30.

Szego, G.G., Dally, B.B. and Nathan, G.J., 2008. Scaling of NOx emissions from a laboratory-scale mild combustion furnace. Combustion and Flame. 154(1-2), 281-295.

Tasistro, A., 2012. Use of boundary lines in field diagnosis and research for Mexican farmers. Better Crops with Plant Food. 96, 11-13.

Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P. and Hochman, Z., 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. Field Crops Research. 143, 4-17.

Environmental Sciences Vol.18/ No.1/Spring 2020

45-56

Investigating the effective factors in CO_2 production in industrial units of Isfahan Province using boundary analysis

Behzad Sanatinia, Mohammad Hadi Abolhasani* and Atefeh Chamani

Department of environmental Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Received: 2018.10.16 Accepted: 2020.01.15

Sanatinia, B., Abolhasani, M.H. and Chamani, A., 2020. Investigating the effective factors in CO_2 production in industrial units of Isfahan Province using boundary analysis. Environmental Sciences. 18(1): 45-56.

Introduction: Significant changes have been occurred in human life along with industrialization and an increase in production and consumption. Demand for energy and the use of fossil fuels, such as coal, petroleum, and gas, led to a great dispersion of CO_2 in the atmosphere. The aim of this study was to investigate the effect of various factors on the production of carbon dioxide in industrial units.

Material and methods: A questionnaire was developed based on industrial units characteristics such as sampling place, chimney cross-section, ambient temperature, relative humidity level, selected nozzle diameter, the temperature of chimney output gas, speed and discharge of output gas, discharge of output gas under standard conditions, suctioned volume, suctioned volume under standard conditions, filter initial weight, filter secondary weight, the weight difference between filters, suspended particles amount in the dry chimney, and suspended particles amount in the wet chimney. Samplings were done in the middle of each season i.e. 5 May, 6 August, 6 November, and 4 February. The effects of the mentioned factors were investigated on CO_2 and surplus air.

Results and discussion: The results showed that CO_2 and surplus air levels increased along with an increase in the chimney cross-section. In addition, CO_2 and surplus air levels decreased as humidity increased, indicating optimal environmental conditions in terms of pollution. In the chimney outlet, a shorter nozzle diameter resulted in lower CO_2 and surplus air levels. CO_2 and surplus air levels decreased when temperature or the speed of chimney output gas increased. Finally, the increase in suctioned volume under standard conditions led to an increase in CO_2 and surplus air levels.

Conclusion: The results of this study showed that with increasing chimney cross section, the amount of carbon dioxide and excess air has also increased and were directly related to each other. Also, boundary line analysis is a

*Corresponding Author. *Email Address*: H.abolhasani@khuisf.ac.ir

suitable model for the determination of the effects of the mentioned factors on CO_2 and surplus air levels.

Keywords: Surplus air, CO_2, Boundary line analysis.