فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران
سال هفتم، شماره‌ی ۲۷، پاییز ۱۳۹۷
صفحات: ۱۶۹-۱۹۳
DOI: 10.22084/aes.2018.11545.2254

برآورد رانت کربن در صنعت سیمان ایران: کاهش سود در شرایط اجرای توافق پاریس(بر مبنای تجربه سیستم تجارت انتشار آلودگی اتحادیه اروپا)

زین‌العابدین صادقی[1*]
زهرالسادات ثمره طاهری نسب[2]
حسین اکبری فرد[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۱

چکیده

مطالعه حاضر سعی دارد که با در نظر گرفتن شرایط اجرای توافق پاریس، مشخص سازد که چگونه سود صنعت سیمان تحت تأثیر قرار می‌گیرد و عوامل مؤثر بر آلودگی و کاهش آلودگی ناشی از تولید سیمان را مشخص نماید. به‌منظور نیل به این اهداف با استفاده از روش شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا (LMDI) در طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۹۰ برای صنعت سیمان مشتمل بر ۶۸ کارخانه سیمان در کشور ایران مورد بررسی قرار گرفته است. با برآورد مدل تجربی، نتایج نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که می‌توان کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از صنعت سیمان را با استفاده از تکنولوژی‌های نوین، سوخت‌های جایگزین و کاهش استفاده از برق فراهم کرد. و نتایج بیانگر هفت عامل تجزیه برای انتشار آلودگی است که عبارت است از تأثیر فعالیت، تأثیر تجارت، تأثیر سهم کلینکر، تأثیر سوخت مرکب، تأثیر کارایی الکتریکی و حرارتی و تأثیر انتشار کربن است. می‌توان بین دو اثر اول که گزینه کاهش آلودگی غیرفنی هستند با سایر اثرات که گزینه‌های کاهش آلودگی فنی هستند تمایز قائل شد. همچنین نتایج حاکی از آن است که مازاد سهمیه‌ای در تولید شرکت‌های سیمان ایران ایجاد نشده و سود نداشته‌اند، که برخلاف کشورهای اروپایی که دارای مازاد سهمیه و سود یا به عبارتی رانت کربن هستند در کشور ایران این رانت وجود ندارد زیرا سهمیه مازاد تولید که رایگان حاصل می‌شود، ایجاد نشده که منجر به درآمد بیشتر و ایجاد ثروت شود.

کلیدواژه‌ها: صنعت سیمان، شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا (LMDI)، آلودگی، اجرای توافق پاریس.

طبقه‌بندی JEL: L61، C49، Q53، F53.

۱. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان(*نویسنده مسئول) **Email:** Abed_sadeghi@yahoo.com
۲. کارشناس ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه شهید باهنر کرمان **Email:** za.ta1366@yahoo.com
۳. استادیار گروه اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان **Email:** akbari45@gmail.com

۱. مقدمه

صنعت سیمان یکی از صنایع بزرگ و استراتژیک یک کشور محسوب می‌شود که با توسعه‌ی فعالیت‌های عمرانی و اقتصادی از ساختمان‌های کوچک یک طبقه گرفته تا سدهای عظیم همسو است. براساس آمار جهانی در سال ۲۰۱۵ کشور چین با تولید ۲۳۵۰ میلیون تن سیمان ۵۱,۴ درصد سهم تولید سیمان را به خود اختصاص داده است. هند با تولید ۲۷۰ میلیون تن رتبه دوم و ۲۸ کشور اتحادیه اروپا با تولید ۱۶۷,۲ میلیون تن رتبه سوم تولید سیمان را به خود اختصاص داده‌اند (انجمن سیمان اروپا[1]، ۲۰۱۵).

مطابق آمارها، میزان تولید سیمان ایران سال ۹۴ به رقم ۵۸,۷ میلیون تن رسید که نسبت به رقم ۶۶,۴ میلیون تن سال ۹۳ افت ۱۱,۵ درصد را نشان داده است. درعین‌حال هدف‌گذاری پیش‌بینی‌شده در سال ۹۴ دستیابی به رقم تولید ۷۵ میلیون تن بود (آمار و فرآوری داده‌ها، ۱۳۹۵).

صنعت سیمان در جهان امروز وظیفه تولید محصول در کارهای عمرانی و رفاهی را بر عهده دارد. استفاده از این محصول نه‌تنها در عصر حاضر دارای چنین اهمیت خاصی بوده، بلکه در اعصار قبل نیز به گونه‌هایی متفاوت تأثیر به سزای خود را در پیشرفت کارها و پروژه‌های عمرانی و رفاهی نشان داده است(زارع غیاثی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲). در واقع این صنعت ایجاد کننده ۵ درصد از کل آلودگی‌های زیست‌محیطی در جهان است، به‌طوری‌که نادیده گرفتن اثرات زیست‌محیطی آن در دهه‌های اخیر و توجه صرف به درآمدهای ناشی از این صنعت خسارت جبران‌ناپذیر اقتصادی و اجتماعی را متوجه انسان و محیط‌زیست کرده است(خوش‌منش و همکاران، ۱۳۹۵: ۲۵).

تولید سیمان به علت استفاده انبوه از کانی‌ها و مصرف مقدار زیادی انرژی ازجمله: مازوت، نفت گاز، گاز طبیعی و الکتریسیته با انتشار مقدار بسیار زیادی از آلاینده‌های حاصل از احتراق مواد سوختنی همراه است. به همین دلیل صنعت سیمان یکی از منابع اصلی انتشار دی‌اکسید کربن به‌شمار می‌رود و ۳ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای به این صنعت اختصاص دارد. به ازای تولید هر تن سیمان ۶۵۰ تا ۹۲۰ کیلوگرم (بسته به سطح تکنولوژی) دی‌اکسید کربن تولید می‌شود که بیش از نصف آن از محل فرآیند کلینکر و مابقی عمدتاً از محل مصرف انرژی (سوخت و برق) است(پرتوی، ۱۳۸۹: ۴).

با افزایش رشد صنعت سیمان،کارخانه‌های سیمان سهم عمده‌ای در افزایش آلودگی محیط‌زیست دارند. مطالعات صورت گرفته در خصوص ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کارخانه‌های سیمان این صنعت را به‌عنوان یک منبع مهم منتشرکننده‌ی گاز دی‌اکسید کربن معرفی می‌کند. ازآنجاکه دی‌اکسید کربن می‌تواند اثرات زیادی بر گرم شدن کره‌ی زمین داشته باشد، لذا پتانسیل بسیار بالایی برای کنترل و کاهش آن در صنعت سیمان وجود دارد. دانشمندان محیط‌زیست پیش‌تر پیش‌بینی کردند که اگر کشورهای صنعتی تولید گازهای گلخانه‌ای که مهم‌ترین محصول صنایع و علت اصلی گرم شدن کره زمین است را کاهش ندهند،کره‌ی زمین تا پایان قرن ۲ درجه گرم‌تر خواهد شد که این مسأله به نابودی

1. https://cembureau.eu/cement

ذخایر در قطبین، ایجاد سیلاب‌ها، تغییرات آب و هوایی شدید و حوادث زیست‌محیطی مرگبار منجر می‌شود(محمد بد، ۱۳۹۳: ۶). صنایع انرژی بری نظیر صنعت سیمان برای اجرای توافق آب‌وهوایی پاریس مناسب می‌باشند. هدف بلندمدت توافق آب‌وهوایی پاریس این است که دمای کره‌ی زمین تا پایان قرن به‌جای ۲ درجه، ۱/۵ درجه افزایش یابد.کشورهای جهان پذیرفتند که برای دستیابی به این هدف هر ۵ سال هدف‌های مربوط به کاهش حجم آلایندگی خود را بازنگری و اصلاح کنند.کشورهای درحال‌توسعه نیز تشویق شدند تا متناسب با افزایش توانمندی‌های خود به‌تدریج برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اقدام کنند. این کشورها بایستی تا زمانی که به آن درجه از توانمندی برسند، مراقبت کنند که همزمان با رشد اقتصادی انتشار گازهای گلخانه‌ای را افزایش ندهند(محمد بد، ۱۳۹۳: ۶).

در ایران ۶۸ کارخانه تولید سیمان در قالب ۶ هلدینگ و ۲۵ شرکت مستقل با ظرفیت اسمی ۷۵/۷ میلیون تن (بر اساس تولید کلینکر) در حال فعالیت هستند. سهم صنعت سیمان در تولید ناخالص ملی(GDP) ۰/۸ درصد و مصرف سرانه سیمان ۷۲۷ کیلوگرم است. بررسی رشد مصرف سیمان طی پنج سال گذشته حاکی از آن است که در سال ۱۳۸۹ بالاترین رشد مصرف (۱۸/۲ درصد) ثبت گردیده که ناشی از افزایش ساخت‌وساز در مسکن مهر بوده است(محمد بد، ۱۳۹۳: ۷).

با افزایش نگرانی‌ها در مورد تأثیر انتشار گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه CO_2 بر تغییرات آب و هوایی جهان، این مطالعه در تلاش است تا عواملی که بر انتشار CO_2 ناشی از تولید سیمان و سود ناشی از تخصیص سهمیه‌های کربن تأثیرگذارند را شناسایی نماید. بدین‌منظور در این مطالعه یک روش شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی(LMDI)[1] برای انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید سیمان در دوره زمانی سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲[2] برای شرکت‌های سیمان ایران به کار می‌رود که به بررسی سه سؤال اصلی پرداخته می‌شود که به ترتیب زیر است:

۱- در شرایط اجرای توافق پاریس چگونه سود صنعت سیمان تحت تأثیر قرار می‌گیرد؟

۲- عوامل مؤثر بر آلودگی ناشی از تولید سیمان چگونه به دست می‌آیند؟

۳- چگونه می‌توان آلودگی ناشی از تولید سیمان را کاهش داد؟

مقاله حاضر برای پاسخ دادن به این سؤالات مطرح‌شده که بدین‌صورت تنظیم‌شده است که بعد از مقدمه، در بخش دوم ادبیات موضوع و در بخش سوم تصریح مدل ارائه می‌شود. سپس برآورد مدل در بخش چهارم و نتیجه‌گیری در بخش پنجم مطرح می‌گردند.

1. Log-Mean Divisia Index

۲. دلیل انتخاب این دوره برای این مطالعه در دسترس بودن کلیه اطلاعات کارخانه‌های سیمان کشور براساس مدل انتخاب شده بوده است.

۲. ادبیات موضوع

۲-۱. مطالعات داخلی

ادبیات داخلی نسبتاً کمی مرتبط با موضوع تحقیق وجود دارد که می‌توان به تعدادی از آن‌ها اشاره نمود. رحیمی و همکاران (۱۳۸۶) در مقاله خود تحت عنوان امکان‌سنجی اجرای تجارت انتشار آلودگی در نیروگاه‌ها و کاهش انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای، راهکارهای مختلف پیاده‌سازی برنامه تجارت انتشار آلودگی در صنعت برق کشور را با توجه به تجربیات کشورهای دیگر در ۶ نیروگاه منتخب موردبررسی، تجزیه‌وتحلیل و نتیجه‌گیری قرار می‌دهند. نتایج حاکی از نقش مهم سیستم تجارت انتشار آلودگی در کاهش هزینه‌های انتشار است. عباسی و همکاران (۱۳۸۸) طی مقاله‌ای به بررسی عوامل مؤثر بر شدت مصرف انرژی رهیافت تجزیه شدت انرژی (مطالعه موردی سیمان کرمان) پرداختند. نتایج روش تجزیه شدت انرژی که دارای کم‌ترین میزان پسماند می‌باشد، حاکی از آن است که اثر ساختاری سهم اندکی در توضیح تغییرات مصرف انرژی و اثرات شدت خالص و تولیدی سهم غالبی در توضیح این تغییرات دارند. دامن کشیده و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از تکنیک تجزیه شاخص (LMDI) عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن را به اثر تولیدی، ساختاری، شدت انرژی و ترکیب سوخت تجزیه می‌کنند. نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق نشان داده است که مهم‌ترین عامل در انتشار دی‌اکسید کربن، عامل تولیدی است. فطرس و براتی (۱۳۹۰) مطالعه‌ای در مورد تحلیل تجزیه شاخص در حیطه‌ی انتشار دی‌اکسید کربن انجام دادند. هدف از این مطالعه، تحلیل عوامل مؤثر بر تغییر سطح و شدت انتشار CO_2 ناشی از مصرف انرژی عنوان‌شده است. در این مطالعه، با توجه به میزان اثرگذاری عوامل مختلف در هر یک از بخش‌ها اقتصاد به پنج بخش مجزا (خانگی–عمومی–تجاری–صنعت–حمل ونقل–کشاورزی و دیگر بخش‌ها)تقسیم‌شده است. دوره‌ی زمانی موردمطالعه ۱۳۸۶–۱۳۷۶ است. نتایج نشان داد که رشد اقتصادی بزرگ‌ترین اثر مثبت را بر تغییرات انتشار CO_2 در تمام بخش‌های موردبررسی، به‌جز بخش صنعت و حمل‌ونقل در کل اقتصاد داشته است. صادقی و همکاران(۱۳۹۳) در مقاله‌ای تحت عنوان تحلیل تجزیه‌ی ساختار آلودگی در ایران، با استفاده از روش تحلیل تجزیه ساختاری SDA[1] به تحلیل تجزیه‌ی انتشار CO_2 به سه اثر ساختاری لئونتیف، تقاضای نهایی و شدت انرژی پرداخته‌اند. روش SDA از دو خانواده لاسپیرز و دیویژیا تشکیل‌شده است. ازآنجاکه استفاده از روش SDA مستلزم داشتن جداول داده–ستاده است؛ از جدول ۱۳۷۰–۱۳۶۵ و ۱۳۸۵–۱۳۸۰ استفاده شده است. هم‌چنین در جهت همسان‌سازی جداول ۱۳۸۵–۱۳۸۰ از روش رأس برای به‌دست آوردن ماتریس مبادلات بین‌بخشی استفاده می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داده است که در سطح گروه‌ها سه اثر مذکور عمدتاً در جهت افزایش انتشار مشارکت دارند (در هر دو مقایسه ۱۳۷۰–۱۳۶۵ و ۱۳۸۵–۱۳۸۰). درحالی‌که در سطوح زیرگروه‌ها، در سال‌های ۱۳۷۰–۱۳۶۵ نزدیکی بالایی بین سه روش در اثر شدت انتشار مشاهده

1. Structural Decomposition Analysis

می‌شود؛ اما در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۰ چنین نزدیکی و تقریبی مشاهده نمی‌شود. پورعبادالهان کویچ و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای تحت عنوان تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار آلودگی دی‌اکسید کربن در زیر بخش‌های صنعتی ایران، با استفاده از تکنیک تجزیه شاخص به بررسی عوامل اصلی انتشار دی‌اکسید کربن در زیر بخش‌های صنعتی ایران طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۹ پرداخته‌اند. برای این منظور با به‌کارگیری روش جمعی LMDI[1] عوامل مؤثر در تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن در زیر بخش‌های صنعتی ایران به ۵ عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت انرژی، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار تجزیه می‌شود. نتایج حاصله نشان داده است که عامل اصلی افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در زیر بخش‌های صنعتی ایران، اثر فعالیت است که در نقطه مقابل اثر شدت تأثیر قابل‌توجهی در کاهش انتشار دی‌اکسید کربن دارد. بنابراین به‌منظور جلوگیری از افزایش انتشار آلودگی دی‌اکسید کربن، ضمن اعمال سیاست‌های تشویقی جهت افزایش بهره‌وری انرژی و تغییرات ساختاری به‌سوی صنایع پاک می‌بایست افزایش سهم گاز طبیعی و ارتقاء کیفیت سوخت‌ها در اولویت برنامه‌های توسعه اقتصادی قرار بگیرد. آقاملایی و همکاران (۱۳۹۴)، در مقاله‌ای آلودگی زیست‌محیطی کارخانه سیمان کرمان را طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۹ موردبررسی قرار می‌دهند. یافته‌ها حاکی از آن است که اگرچه غلظت گردوغبار در برخی سال‌ها بیش‌ازحد استاندارد است، ولی درمجموع می‌توان غلظت غبار خروجی و محیط را بخصوص در سال ۹۲ قابل‌قبول ارزیابی کرد. خوش‌منش و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی اثرات زیست‌محیطی و تعیین راهکارهای اثرگذار در کاهش آلودگی زیست‌محیطی کارخانه سیمان سپاهان پرداخته‌اند. شرکت سیمان سپاهان در نوع خود از بزرگ‌ترین کارخانه‌های تولید سیمان در کشور محسوب می‌گردد. در حال حاضر با توجه به برنامه‌های توسعه کارخانه سیمان سپاهان و ماهیت آلایندگی این صنعت ضرورت پایش مستمر آلایندگی این صنعت و سیستم مدیریت محیطزیست پیش از پیش مشخص گردیده و به امری اجتناب‌ناپذیر بدل گشته است، از این‌رو در این تحقیق به بررسی و شناسایی راهکارهای اثرگذار بر کاهش اثرات زیست‌محیطی کارخانه سیمان سپاهان پرداخته‌شده تا به‌کارگیری آن‌ها نه‌تنها اثرات مخرب زیست‌محیطی اجتماعی، اقتصادی این صنعت کاسته شود بلکه اثرات منفی کنترل شوند. زارع غیاثی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت سیمان پرداخته‌اند. مدیریت انرژی امکان استفاده از تجهیزات کارخانه‌های سیمان را مناسب‌تر جلوه می‌دهد. هدف مطالعه آنها بررسی مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت سیمان(مطالعه موردی سیمان داراب) است. روش پژوهش توصیفی از نوع مروری است. که اطلاعات از روش کتابخانه‌ای و اینترنت جمع‌آوری‌شده است. با توجه به روند رشد کارخانه و صنعت سیمان در جهان، اقتصادی‌ترین ظرفیت‌های تولید در حال حاضر با توجه به هزینه‌های ثابت و متغیر جنبی این صنعت ظرفیت ۴۰۰۰-۹۰۰۰ تن در روز است. که ظرفیت تولید شرکت سیمان داراب ۳۳۰۰ تن در روز است. بنابراین مشاهده

1. Logarithmic Mean Divisia Index

شد شرکت سیمان داراب قدم‌های خوبی مطابق با استانداردهای جهانی در زمینه مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی در سایر قسمت‌های شرکت برداشته است. همچنین با تشکیل کمیته‌های انرژی در کارخانه سعی در بهینه‌سازی مصرف انرژی را دارند.

سالاری و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله ای با عنوان برآورد هزینه نهایی کاهش CO2 کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر در ایران: رویکرد قیمت سایه‌ای به محاسبه قیمت سایه‌ای آلودگی پرداختند. در این تحقیق با به‌کارگیری توابع فاصله‌ای خروجی و ورودی محور، هزینه نهایی کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، برای کارگاه‌های صنعتی ۱۰ کارکن و بیشتر برای سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان می‌دهد در مدل خروجی به‌طور متوسط مقدار ۵,۱۶ میلیون ریال برای هر تن کربن در بخش صنعت و در مدل ورودی محور به‌طور متوسط مقدار ۴,۱۷ میلیون ریال برای هر تن کربن در بخش صنعت برآورد شده‌است. نتایج حاکی از آن است که زیر بخش‌های صنعتی دارای هزینه نهایی متفاوتی برای کاهش کربن هستند و روند هزینه نهایی کاهش کربن برای بخش صنعت در طول دوره مطالعه افزایش زیادی داشته است به‌طوری‌که قیمت سایه‌ای به‌دست آمده در سال ۹۲ نسبت به سال ۸۷ رشد ۲۲۱ درصدی را تجربه کرده است. همچنین منتج شدن مقادیر متفاوت از دو نوع تابع فاصله به‌کار رفته در این تحقیق نشان می‌دهد انتخاب روش و یا حتی مدل به‌کار رفته در برآورد قیمت سایه‌ای از اهمیت زیادی برخوردار است

۲-۲. مطالعات خارجی

مطالعات زیادی در حوزه انتشار دی‌اکسید کربن انجام‌گرفته است که در این پژوهش به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

لیو[1] و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی تغییرات انتشار دی‌اکسید کربن در ۳۶ صنعت چین طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۵-۱۹۹۸ پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که شدت انرژی و سطح فعالیت عامل اصلی در افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در طی دوره‌ی مذکور بوده است. تأثیر ضریب انتشار، تغییرات سوخت و تغییرات ساختاری نسبتاً کم بودند. به نظر می‌رسد که صنایع آلاینده‌تر مانند صنایع شیمیایی می‌بایست در اولویت برنامه‌ها به‌منظور افزایش بهره‌وری انرژی باشند و از سرمایه‌گذاری زیاد در این بخش پرهیز شود. الرمان و باچنر[2](۲۰۰۸) در مطالعه‌ی خود تجزیه تحلیلی از سیستم تجارت گازهای گلخانه‌ای اتحادیه اروپا را بر اساس داده‌های آلودگی تأییدشده و تخصیص سهمیه در ۲ سال اول و اولین دوره تجارت ارائه می‌دهند. هدف اصلی از این مطالعه یافتن میزان تخصیص بیش از حد سهمیه و کاهش آلودگی در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶، در شرایطی که یک قیمت قابل توجه برای CO_2 مشاهده می‌شود، است. نتایج نشان داد می‌توان کاهش آلودگی را براساس داده‌های منتشرشده تخمین زد و به‌وسیله‌ی

1. Liu
2. Ellerman and Buchner

آن در مورد تخصیص بیش از حد سهمیه قضاوت کرد. بارکر[1] و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله‌ای به مطالعه‌ی تکنولوژی‌های مورداستفاده برای ضبط (گرفتن) دی‌اکسیدکربن ناشی از کارخانه‌های سیمان، هزینه‌ها و موانع استفاده از آن پرداخته‌اند. اساس این مطالعه یک پیش‌گرمایش ۵ مرحله‌ای با فرآیند پیش کلسینه شدن خشک کارخانه سیمان با تولید یک Mt/y (میلیون تن در سال) در اسکاتلند انگلستان می‌باشد. ژائو[2] و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از تکنیک جمعی LMDI به تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار کربن در زیر بخش‌های صنعتی شانگهای چین پرداختند. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که ۹۰ درصد از کاهش انتشار دی‌اکسید کربن مربوط به تغییرات ساختاری، تغییرات ترکیب سوخت و کاهش در شدت انرژی بوده است. با مقایسه شدت انرژی زیر بخش‌های صنعتی شانگهای چین با متوسط جهانی آن بر لزوم کاهش شدت انرژی تأکید می‌کنند و تغییرات ساختاری به سمت صنایع تولیدکننده کربن کم‌تر را مهم‌تر از اثر تغییرات ترکیب سوخت معرفی می‌کنند. آق بستانچی[3] و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از روش جمعی LMDI به بررسی عوامل انتشار دی‌اکسید کربن در ۵۷ زیر بخش صنعتی ترکیه پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داده است که تغییر در سطح فعالیت تولید و شدت انرژی مهم‌ترین عوامل در تغییرات انتشارات دی‌اکسید کربن می‌باشند. گونزالز[4] و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ی خود مشخص می‌کنند که مجموع CO_2 ساطع‌شده به جو زمین از یک منطقه‌ی داده‌شده می‌تواند توسط اعلان چندین مؤلفه مشخص شود. ۵ عامل تجزیه (جمعیت–تولید سرانه–ترکیب سوخت–شدت کربن و شدت انرژی) را ارائه و برای تجزیه تغییرات درمجموع انتشارات CO_2 از تعدادی روش بر پایه‌ی روش LMDI بهره می‌برند. روش‌های نتیجه شده در این مطالعه به اصلاح روش MB[5]، IR[6] و AR[7] نامیده می‌شوند و برای تجزیه‌وتحلیل تغییرات انتشار CO_2 در بخش اتحادیه اروپا هم در سطح کلی و هم در سطح کشوری به‌کاربرده می‌شوند. یافته‌ها تأثیر قوی تغییرات در عامل انرژی ترکیبی بر مجموع سطوح انتشار CO_2 را نشان داد. کاجسته و هرم[8] (۲۰۱۵) در مقاله‌ی خود انتشارات گازهای گلخانه‌ای صنعت سیمان– گزینه‌های مدیریت و هزینه‌های کاهش آلودگی این صنعت را مورد بررسی قرار داده‌اند. هدف از این مطالعه چگونگی مدیریت انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید سیمان چین در ارتباط با جانشین‌های کلینکر، منبع اولیه انرژی، انتشارات الکتریکی، تکنولوژی استفاده شده و موقعیت جغرافیایی است. در این مطالعه انتشارات منطقه‌ای CO_2 در صنعت سیمان توسط به‌کارگیری ماتریس مدیریت تأثیرات آب‌وهوایی تجزیه‌وتحلیل می‌شود. نتایج نشان داده است که تنوع تکنولوژی‌های فرآیند و انتشارات CO_2

1. Barker
2. Zhao
3 . Akbostanci
4. González
5. Monetary Based
6. Intensity Refactorization
7. Activity Revaluation
8. Kajaste and Hurme

انرژی حرارتی استفاده شده به بسیار قابل‌توجه‌تر از انتشارات الکتریکی است. بالاترین پتانسیل برای جلوگیری از انتشارات CO_2 جایگزینی با مؤلفه‌های معدنی است. افزایش جهانی استفاده از مؤلفه‌های معدنی برای یک سطح ۳۴/۲ درصدی در سیمان، نسبت به سطح تولید ۲۰۱۳ از تولید سیمان سالانه ۳۱۲ میلیون تن CO_2 ذخیره خواهد کرد. به‌طور مشابه یک کاهش ۲/۷ درصدی در انرژی حرارتی مورداستفاده، ۲۸ میلیون تن CO_2 را به‌طور سالانه و یک کاهش ۱۰ درصدی از انتشارات ناشی از برق استفاده‌شده،۲۶ میلیون تن CO_2 را ذخیره خواهد کرد. دنگ و همکاران[1] (۲۰۱۵) در مطالعه خود طی دوره‌ی ۲۰۱۵–۲۰۰۵ انتشارات استانی دی‌اکسید کربن در چین و تغییرات زمانی و مکانی این انتشارات را تجزیه‌وتحلیل و شدت این انتشارات را تعیین می‌کنند. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که انتشارات دی‌اکسید کربن درنهایت از شرق به غرب افزایش و به‌تدریج کاهش می‌یابد، درحالی‌که شدت انتشار از جنوب به شمال کاهش و به‌تدریج افزایش می‌یابد. اگر تمام استان‌ها بتوانند هدف کاهش را به‌صورت برنامه‌ریزی‌شده پیاده‌سازی کنند، هدف کلی کاهش انتشارات، به‌صورت تقریبی به‌دست خواهد آمد. باختری[2] و همکاران (۲۰۱۷) به یک بررسی در مورد انتشار کربن در صنعت سیمان مالزی پرداخته‌اند. محققان با جایگزینی سوخت‌های فسیلی با سوخت‌های جایگزین استنتاج کرده‌اند که باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شوند. ازاین‌رو پیشنهاد می‌شود که با حذف موانع قانونی و اقتصادی، استراتژی‌های کاهش CO_2 را می‌توان در مقیاس وسیع صنایع سیمان به اهداف انتشار جهانی قابل‌قبول در هر کشور اعمال کرد. علاوه بر این، تعداد کمی از شرکت‌کنندگان نشان می‌دهد که توافق برای بازار سیمان در مالزی احتمالاً می‌تواند به‌راحتی بین طرفین در کاهش انتشار CO_2 است. اندرو[3] (۲۰۱۸) به بررسی انتشار CO_2 جهانی از تولید سیمان پرداخته است. در این مقاله ما انواع مختلفی از مجموعه داده‌های موجود را جمع‌آوری می‌کنیم و داده‌های رسمی و عوامل انتشار را اولویت‌بندی می‌کنیم، ازجمله برآوردهای ارائه‌شده به UNFCCC به همراه برآوردهای جدید برای چین و هند است. نتایج حاکی از آن است که انتشار گازهای فرآورده‌های جهانی در سال ۲۰۱۶، ۰/۲۰±۱/۴۵ گرم برآورد شده است که معادل حدود ۴ درصد از انتشار گازهای فسیلی است. انتشار گازهای گلخانه‌ای از ۱۹۲۸ تا ۲۰۱۶ به ۲/۴±۳۹/۳ کیلوگرم کربن بود که ۶۶ درصد آن‌ها از سال ۱۹۹۰ به وقوع پیوسته است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۱۵، ۳۰ درصد پایین‌تر از آنچه اخیراً در پروژه کربن جهانی گزارش‌شده، بود.

یکی از نگرانی‌هایی که در مورد پیشرفت روزافزون صنایع و کارخانه‌ها در جوامع امروزی مطرح است، بحث آلودگی‌های زیست‌محیطی است. آلودگی‌ها به دست خود انسان به وجود می‌آیند و خود او را نیز مورد آسیب قرار می‌دهند. در کشورهای توسعه‌یافته غربی تلاش و سعی جدی در جهت ایجاد

1. Deng
2. Bakhtyar
3. Andrew

تکنولوژی برای کاهش تا حد امکان در عوامل آلوده‌کننده‌ی به وجود آمده از فرآیندهای صنعتی انجام‌گرفته است. با توجه به اهمیت کاهش آلودگی در دنیای امروز، مطالعاتی در راستای بررسی اثرگذاری سیستم تجارت انتشار آلودگی اتحادیه اروپا[1] بر کاهش آلودگی صنایع صورت پذیرفته است. در ابتدا مروری بر مطالعات داخلی و سپس به مطالعات خارجی اشاره گردیده است. ادبیات داخلی دارای مطالعات نسبتاً کمی در این زمینه است و در مقابل در ادبیات خارجی، مطالعات زیادی در حوزه انتشار دی‌اکسید کربن انجام‌گرفته است. در اکثر مطالعات از روش LMDI مورداستفاده قرارگرفته است. لذا در روش LMDI عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی تجزیه‌وتحلیل می‌شود و با توجه به مطالعات، می‌توان عوامل مؤثر را برای انجام کار مورداستفاده قرارداد. بدین منظور در این مطالعه یک روش شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی(LMDI)[2] برای انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید سیمان در دوره زمانی سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ برای شرکت‌های سیمان ایران به کار رفته است و این مطالعه چون شرایط توافق پاریس بر سود صنعت سیمان را بررسی می‌کند کار جدیدی محسوب می‌شود و تاکنون تحقیقی در مورد محاسبه رانت کربن در صنعت سیمان ایران بر مبنای تجربه سیستم تجارت انتشار آلودگی اتحادیه اروپا انجام‌نشده است.

۳. تصریح مدل

تاکنون گزینه‌های جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌صورت کیفی و یا بر اساس شاخص‌های ساده ارائه شده‌اند. ازلحاظ کیفی سهم نسبی در تکامل تدریجی انتشار دی‌اکسید کربن نیازمند یک روش تجزیه است. تحلیل تجزیه شاخص(IDA)[3] به‌طور گسترده از دهه‌ی ۱۹۸۰ در مطالعات مربوط به مصرف انرژی و از دهه‌ی ۱۹۹۰ در مطالعات مربوط به انتشارات کربن مورداستفاده قرارگرفته است. زو و آنگ[4] (۲۰۱۳)، در یک مطالعه جامع بین ۸۰ مطالعه با تحلیل تجزیه شاخص با بررسی تجزیه انتشار نشان دادند که LMDI[5] بعد از ۲۰۰۷ توانسته به‌عنوان یک روش استاندارد شناخته شود.

در نخستین گام برای انجام این تحقیق، میزان کلینکر واقعی به‌کاربرده شده برای تولید سیمان محاسبه می‌شود که این میزان از جمع میزان کلینکر تولیدشده در سال ($Q_{Clinker}^{PROD}$) و خالص واردات کلینکر ($NI_{Clinker.t}$) به‌دست آمده که به‌صورت زیر است:

$$Q_{Clinker,t}^{NET} = Q_{Clinker}^{PROD} + NI_{Clinker.t} \qquad (۱)$$

---

۱. اولین و بزرگ‌ترین طرح تجاری انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان EUETS است، که از سال ۲۰۰۵ برای مبارزه با گرم شدن کره زمین راه‌اندازی شد که اصلی‌ترین سیاست آب وهوایی اتحادیه اروپا می‌باشد. چون هیچ تجربه‌ای در زمینه تجارت کربن در دنیا وجود ندارد، در این مطالعه از این روش استفاده می‌شود.

2. Log-Mean Divisia Index
3. Index Decomposition Analysis
4. Xu And Ang
5. Logarithmic Mean Divisia Index Methods

با توجه به اینکه برای تولید یک تن کلینکر در حدود یک تن CO_2 تولید می‌گردد که کم‌تر از نصف آن ناشی از سوخت مصرفی کارخانه می‌باشد، می‌توان دریافت که به میزان افزایش کلینکر استفاده‌شده در تولید سیمان، انتشار CO_2 افزایش می‌یابد و آلودگی در محیط‌زیست بالا می‌رود. انتشارات آلودگی به سه دسته تقسیم می‌شود:

$$C_t = C_{F,t} + C_{P,t} + C_{E,t} \quad (۲)$$

انتشارات کل C_t، با انتشارات ناشی از سوخت‌های فسیلی $C_{F,t}$، انتشارات فرآیند $C_{P,t}$ و انتشارات غیرمستقیم ناشی از برق $C_{E,t}$ نشان داده شده و هر یک از این انتشارات از طریق فرآیندی محاسبه شده است. کل انتشار CO_2 ناشی از اشتعال سوخت‌های فسیلی با CE_{FF} نشان داده می‌شود که از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$CE_{ff} = \sum_{i=1}^{nfc}(FC_i \times EF_i) \quad (۳)$$

که در آن FC_i بیانگر کل ارزش گرما (حرارتی) سوخت فسیلی از نوع i ام بر حسب واحد حرارتی بریتانیا[1] (BTU)، EF_i بیانگر ضریب انتشار از نوع iام سوخت فسیلی با واحد (TCO_2/BTU)، nfc بیانگر تعداد کل انواع سوخت‌های فسیلی که مصرف می‌شود و این سوخت‌ها عبارت‌اند از گاز مایع، بنزین، نفت سفید، نفت کـوره و گاز طبیعی است. CE_{ff} بیـانگر میزان کل انتشار گاز CO_2 ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است (کی و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۷۶).

همچنین برآورد غیرمستقیم گاز گلخانه‌ای CO_2 ناشی از مصرف خارجی برق تولیدشده در فرآوری سیمان به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CE_e = EC_e \times EF_{grid} = (EC_t - EC_W) \times EF_{grid} \quad (۴)$$

که در آن CE_e بیانگر انتشار غیرمستقیم گاز CO_2 ناشی از برق مصرفی برای تولید سیمان، EC_e بیانگر برق خارجی(خارج از کارخانه سیمان) تولیدی مصرف شده (kwh)، EC_t بیانگر کل برق مصرف شده برای تولید سیمان (kwh)، EC_W بیانگر برق تولیدشده با WHR[2] (kwh) (مثل تولید برق از زباله‌های حرارتی که انتشار گاز CO_2 را کاهش می‌دهد) و EF_{grid} بیانگر متوسط ضریب انتشار گاز دی‌اکسید کربن برقی که توسط شبکه صنعت برق تعیین می‌شود(کی و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۷۶).

در سیستم تجارت گازهای گلخانه‌ای (EU ETS)[3] تنها انتشارات مستقیم محاسبه می‌شوند (Branger & Quirion, 2015: 195).

1. British thermal unit
2. Waste Heat Recovery (WHR)
3. European Union Emission Trading System (EU ETS)

$$C_{EUTL} = C_{F.t} + C_{P,t} \quad (۵)$$

در ادامه، انتشارات ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی $C_{F,t}$ را می‌توان به صورت زیر تجزیه کرد:

$$C_{F,t} = Q_{Cement,t} \frac{Q^{NET}_{Clinker,t}}{Q_{Cement,t}} \frac{Q^{PROD}_{Clinker,t}}{Q^{NET}_{Clinker,t}} \frac{E_{T,Clinker,t}}{Q^{PROD}_{Clinker,t}} \frac{C_{F,t}}{E_{T,Clinker,t}} \quad (۶)$$
$$= Q_{Cement,t} \times R_t \times H_t \times I_{T,t} \times CEF_{F,t}$$

که در آن $E_{T,Clinker,t}$ انرژی حرارتی استفاده‌شده، R_t نسبت‌کلینکر به سیمان، H_t نسبت تولید خانگی کلینکر(اگر کلینکر بیشتر از آن‌که تولید شود مصرف شود و یا در جای دیگری استفاده شود، اگر خالص واردات منفی باشد، H>۱ می‌شود)، $I_{T,t}$ شدت انرژی حرارتی (GJ در هر تن از کلینکر) و $CEF_{F,t}$ شدت کربن سوخت مخلوط (در TCO_2/GJ) می‌باشد. انتشارات فرآیند تولید از رابطه (۷) حاصل می‌شود که CEF_{pro} عامل انتشار دی‌اکسیدکربن برای تکلیس سنگ آهک است.

$$C_{P,t} = Q_{Cement,t} \frac{Q^{NET}_{Clinker,t}}{Q_{Cement,t}} \frac{Q^{PROD}_{Clinker,t}}{Q^{NET}_{Clinker,t}} \frac{C_{P.t}}{Q^{PROD}_{Clinker,t}} \quad (۷)$$
$$= Q_{Cement,t} \times R_t \times H_t \times CEF_{pro}$$

انتشارات غیرمستقیم ناشی از مصرف برق از رابطه (۸) به‌دست‌آمده است که در آن $E_{T,Clinker,t}$ انرژی الکتریکی مورداستفاده، $I_{EI,t}$ شدت انرژی الکتریکی برای تولید سیمان (MWh در هر تن‌سیمان) و $CEF_{elec,t}$ عامل انتشار برق (در TCO_2/MWh) می‌باشدکه به‌صورت زیر ارائه شده است:

$$C_{E,t} = Q_{Cement,t} \frac{E_{E,t}}{Q_{Cement,t}} \frac{C_{E,t}}{E_{E,t}} \quad (۸)$$
$$= Q_{Cement,t} \times I_{EI,t} \times CEF_{elec,t}$$

بنابراین کل انتشارات تولید سیمان برابر خواهد بود با:

$$C_t = Q_{Cement,t} \times (R_t \times H_t \times \left(CEF_{pro} + I_{T,t} \times CEF_{F,t}\right) + I_{EI,t} \quad (۹)$$
$$\times CEF_{elec,t}$$

هرچند که صنعت سیمان یکی از صنایعی است که در پیشرفت و آبادانی یک کشور نقش زیادی دارد و به‌عنوان یکی از عوامل در میزان توسعه‌یافتگی یک کشور مورد ارزیابی قرار می‌گیرد این صنعت باعث انواع آلودگی‌ها در محیط‌زیست شده است.

این معادله یک رابطه حسابداری کامل است ولی در عمل همیشه عدم تطابق ناشی از عدم دقت داده‌ها وجود دارد. ۷ کانال کاهش آلودگی در این فرمول قابل‌رؤیت هست که فقط از مؤلفه‌های مثبت تشکیل‌شده‌اند. در کنار کاهش فعالیت (کاهش $Q_{Cement,t}$) یا برون‌سپاری کلینکر (کاهش H_t)،

گزینه‌های کاهش آلودگی تکنولوژیکی، R_t (جایگزینی کلینکر)، $CEF_{F,t}$ (استفاده از سوخت جایگزین)، $I_{T,t}$ و $I_{EI,t}$ (بهروری انرژی الکتریکی و حرارتی) و $CEF_{elec,t}$ (کاهش شدت کربن برق) را کاهش می‌دهند.

H_t و $Q_{Cement,t}$ به‌طور مستقیم از طریق محاسبات به‌دست می‌آیند. میزان کلینکر تولیدشده نیز توسط تقسیم انتشارات EUTL[1] بر شدت کربن کلینکر حاصل می‌شود (با استفاده از ETS اتحادیه اروپا از CEF_{pro}):

$$Q_{Clinker,t}^{PROD} = \frac{C_{EUTL}}{CEF_{pro} + I_{E,t} \times CEF_{F,t}} = \frac{C_{EUTL,t}}{C_k CI_t} \quad (۱۰)$$

که $C_k CI_t$ شدت کربن کلینکر است. H_t نیز به صورت زیر به دست می‌آید:

$$H_t = \frac{Q_{Clinker,t}^{PROD}}{Q_{Clinker,t}^{PROD} + NI_{Clinker,t}} \quad (۱۱)$$

$Q_{Cement,t}$ از طریق زیر حاصل می‌شود (Branger & Quirion, 2015: 196):

$$Q_{Cement,t} = \frac{Q_{Clinker,t}^{PROD} + NI_{Clinker,t}}{R_t} \quad (۱۲)$$

در فرمول کلی LMDI، هنگامی‌که انتشارات به‌صورت $C_t = X^1 \times X^2 \times \ldots \times X^n$ تجزیه شود، تغییرات انتشار ($\Delta^{tot} = C_T - C_0$) می‌تواند به صورت $\Delta^{tot} = \Delta^1 + \Delta^2 + .. + \Delta^n$ تجزیه شود. با:

$$\Delta^k = \frac{C_T - C_0}{\ln C_T - \ln C_0} \times \ln \frac{X_t^k}{X_0^k} \quad (۱۳)$$

تجزیه LMDI عمدتاً در مورد انتشار بین دو زمان برای یک کشور، بین دو کشور برای یک‌زمان و یا برای یک کشور داده‌شده بین یک سناریوی واقعی یا خلاف واقع و یا مرجع استفاده می‌شود. گسترش معادله (۹) به تجزیه زیر منجر می‌شود:

$$\begin{aligned} \Delta^{tot} &= C_T - C_0 \\ &= \Delta^{act-F} + \Delta^{sha-F} + \Delta^{tra-F} + \Delta^{fmix} + \Delta^{eff-F} + \Delta^{act-P} + \Delta^{sha-P} \\ &\quad + \Delta^{tra-P} + \Delta^{act-E} + \Delta^{eff-E} + \Delta^{elec} \\ &= \Delta^{act} + \Delta^{sha} + \Delta^{tra} + \Delta^{fmix} + \Delta^{eff-F} + \Delta^{eff-E} + \Delta^{elec} \end{aligned} \quad (۱۴)$$

با انجام گروه‌بندی مناسب خواهیم داشت:

$$\Delta^{act} = \Delta^{act-F} + \Delta^{act-P} + \Delta^{act-E}$$
$$\Delta^{tra} = \Delta^{tra-F} + \Delta^{tra-P}$$
$$\Delta^{sha} = \Delta^{sha-F} + \Delta^{sha-P}$$

1. European Union Transaction Log (EUTL)

بنابراین هفت عامل تجزیه وجود دارد:
تأثیر فعالیت (Δ^{act}): تأثیر تولید کل سیمان بر تغییرات انتشار.
تأثیر تجارت کلینکر (Δ^{tra}): تأثیر تجارت کلینکر بر تغییرات انتشار.
تأثیر سهم کلینکر (Δ^{sha}): تأثیر جایگزینی کلینکر بر تغییرات انتشار.
تأثیر سوخت مرکب (Δ^{fmix}): تأثیر استفاده از سوخت جایگزین بر تغییرات انتشار.
تأثیر کارایی انرژی الکتریکی و حرارتی (Δ^{eff-E}،Δ^{eff-F}): تأثیر کارایی انرژی الکتریکی و حرارتی.
تأثیر عامل انتشار کربن برق (Δ^{elec}): تأثیر عامل انتشار کربن برق بر انتشار(Branger & Quirion, 2015: 197).

می‌توان بین دو اثر اول که گزینه کاهش آلودگی غیر فنی هستند با سایر اثرات که گزینه‌های کاهش آلودگی فنی هستند تمایز قائل شد. برای گردآوری اطلاعات بخش نظری و عملی تحقیق از منابع کتابخانه‌ای مربوط به مرکز آمار ایران و انجمن صنفی کارفرمایان سیمان استفاده‌شده است.

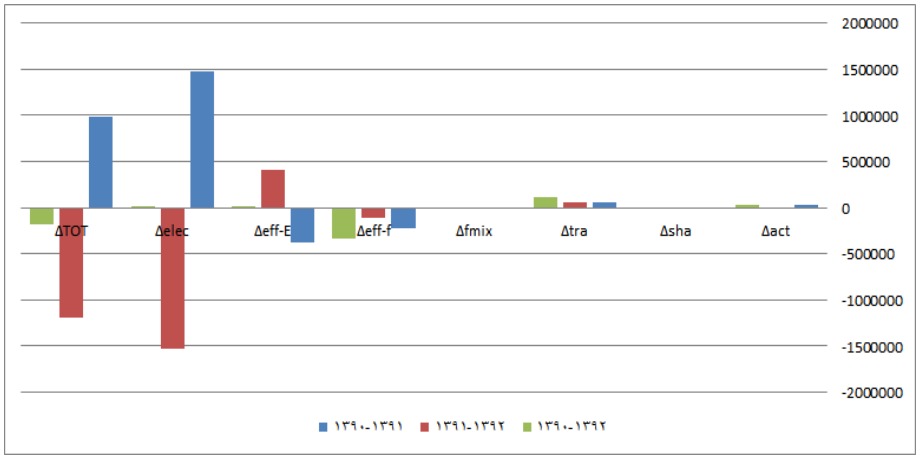
٤. برآورد مدل

با توجه به توضیح داده‌شده در مورد روش تجزیه LMDI در این قسمت هفت عامل تجزیه که برای به دست آوردن تغییرات انتشار برای شرکت‌های سیمان کشور ایران در شرایط فعلی (عدم اجرای توافق پاریس) که به آن نیاز است محاسبه و در جدول (۱) نشان داده‌شده است:

جدول ۱: تجزیه تغییرات انتشار(میلیون تن co_2)

کل شرکت‌های سیمان کشور ایران					
دوره زمانی (۱۳۹۰-۱۳۹۱)		**دوره زمانی (۱۳۹۱-۱۳۹۲)**		**دوره زمانی (۱۳۹۰-۱۳۹۲)**	
تأثیر فعالیت	۳۶/۵۸۳۲۹	تأثیر فعالیت	-۵/۶۰۳۱۷	تأثیر فعالیت	۳۱/۶۵۵۴۹
تأثیر تجارت کلینکر	۶۲/۱۳۴۱۴	تأثیر تجارت کلینکر	۵۶/۸۴۶۸۱	تأثیر تجارت کلینکر	۱۱۹/۱۳۰۸۲
تأثیر سهم کلینکر	۰	تأثیر سهم کلینکر	۰	تأثیر سهم کلینکر	۰
تأثیر سوخت مرکب	-۱/۱۳۰۱۳	تأثیر سوخت مرکب	-۱/۶۷۶۲۲	تأثیر سوخت مرکب	-۲/۷۹۳۷۹
تأثیر کارایی الکتریکی	-۳۸۱/۹۱۸۸۵	تأثیر کارایی الکتریکی	۴۰۳/۴۶۴۸۹	تأثیر کارایی الکتریکی	۴/۸۸۱۴۰
تأثیر کارایی حرارتی	-۲۱۸/۱۰۱۷۰	تأثیر کارایی حرارتی	-۱۱۵/۳۹۲۵۵	تأثیر کارایی حرارتی	-۳۳۵/۹۸۵۷۴
تأثیر عامل انتشار کربن برق	۱۴۸۱/۴۶۳۴۹	تأثیر عامل انتشار کربن برق	-۱۵۲۶/۰۵۷۲۱	تأثیر عامل انتشار کربن برق	۶/۲۲۶۱۰
تأثیر تغییرات کل	۹۷۹/۰۳۰۲۴	تأثیر تغییرات کل	-۱۱۸۸/۴۱۷۴۶۱	تأثیر تغییرات کل	-۱۷۶/۸۸۵۷۲

منبع: محاسبات تحقیق



نمودار ۱: تجزیه تغییرات انتشار(هزار تن)

در بین سه دوره زمانی که در نظر گرفته‌شده، تأثیر هرکدام از این هفت عامل تجزیه به‌صورت متفاوت بوده و در هر سه دوره زمانی تأثیرات تغییرات کل متفاوتی دیده‌شده است و اعداد به‌دست آمده دارای ضریبی بالایی هستند. همان‌طور که در نمودار (۱) دیده می‌شود، می‌توان گفت صفر بودن سهم کلینکر از انتشارات نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که در کشور ایران جایگزینی برای کلینکر وجود ندارد حتی باوجود این‌که کلینکر بزرگ‌ترین سهم کربن تولید سیمان را شامل می‌شود؛ اما در کشور ایران برای آن جایگزینی نیست تا با استفاده از آن بتوان راه‌حل مؤثری برای کاهش انتشار آلودگی پیدا کرد. تأثیر فعالیت در هر سه دوره زمانی مثبت بوده است و میزان آن در دوره زمانی ۱۳۹۱–۱۳۹۰ بیشتر از دو دوره دیگر بوده و این اثر نشان‌دهنده‌ی این است که افزایش تولید سیمان ممکن است به دلیل افزایش فعالیت در صنعت ساخت‌وساز آن باشد.

تأثیر تجارت کلینکر در هر سه دوره زمانی مثبت بوده است و نتایج نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که در کل دوره زمانی این میزان مثبت و در کاهش انتشار کربن عاملی مؤثر بوده است یعنی با واردات سیمان و کلینکر انتشار کربن کاهش می‌یابد. تأثیر سوخت مرکب و کارایی حرارتی در هر سه دوره منفی بوده و می‌توان گفت که هر چه کارایی انرژی بیشتر باشد موجب کاهش هزینه‌های انرژی و افزایش سود تولیدکنندگان شود؛ اما در نتایج نشان‌دهنده‌ی عکس این موضوع است یعنی در صنعت سیمان ما کارایی انرژی پایین است، بخش عمده‌ای از پایین بودن کارایی ناشی از سطح پایین فناوری در این صنعت است. و در مورد تأثیر سوخت مرکب نیز همین نتیجه حاصل می‌شود با این تفاوت که افزایش سوخت مرکب موجب ایجاد تولید گرمای کم‌تر و به همین میزان آلودگی کم‌تر می‌شود و همچنین استفاده از سوخت جایگزین صرف‌نظر از قیمت کربن، ازنظر مالی به نفع است. تأثیر عامل انتشار کربن در دوره زمانی ۱۳۹۱–۱۳۹۰ مثبت بوده ولی در دو دوره دیگر منفی به‌دست‌آمده است و این عامل در صورت کاهش، موجب کاهش آلودگی می‌شود.

همچنین تأثیر کارایی الکتریکی در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ منفی بوده ولی در دو دوره دیگر مثبت حاصل‌شده که نشان‌دهنده این موضوع است که با افزایش کارایی می‌توان هزینه‌های انرژی را کاهش داد و موجب کاهش آلودگی و حفظ بیشتر محیطزیست گردید. درنهایت با توجه به این هفت عامل تجزیه می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر تغییرات کل انتشار در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ مثبت و در دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ و ۱۳۹۲-۱۳۹۰ منفی به‌دست آمده است.

٤-١. رویکرد LMDI در حالت سیستم تجارت انتشار آلودگی اتحادیه اروپا

براساس توافق پاریس ایران تا سال ۲۰۳۰ تعهد ۴ درصدی گازهای گلخانه‌ای را داده است. علاوه‌بر این نیز، در صورت برداشتن و لغو همه تحریم‌ها علیه کشورمان، به‌صورت داوطلبانه ایران برای کاهش هشت درصد دیگر از تولید گازهای گلخانه‌ای اقدام خواهد کرد. اما این به شرطی است که جامعه جهانی کمک‌های بین‌المللی و فنی موردنیاز، مشابه کمک‌هایی که برای دیگر کشورها هم ارائه می‌شود را به ایران بدهند. تنها در اروپا سیاست کاهش کربن دنبال می‌شود و تنها سیستم اجرایی تجارت انتشار آلودگی جهان سیستم تجارت انتشار آلودگی اتحادیه اروپا است لذا در این مطالعه از اعداد مجاز انتشار کربن برای صنعت سیمان اروپا به‌عنوان مبنای اجرای توافق پاریس استفاده‌شده است. در این قسمت بر سود ناشی از تخصیص سهمیه‌ها در صنعت سیمان تمرکز شده است. زمانی که میزان سهمیه‌های اجرایی به شرکت‌های سیمان می‌دهند بیش از گازهای منتشرشده‌ای است که برای تولید مقدار واقعی سیمان نیاز است، به‌صورت خودکار مازادی از سهمیه تولید می‌شود. این سهمیه‌ها می‌تواند فروخته شود و برای صنعت سیمان سود تولید کند.

اگر ما انتشارات ناشی از مصرف برق را از معادله‌ی زیر که برای شرکت‌های سیمان محاسبه نشده است را حذف کنیم، خواهیم داشت:

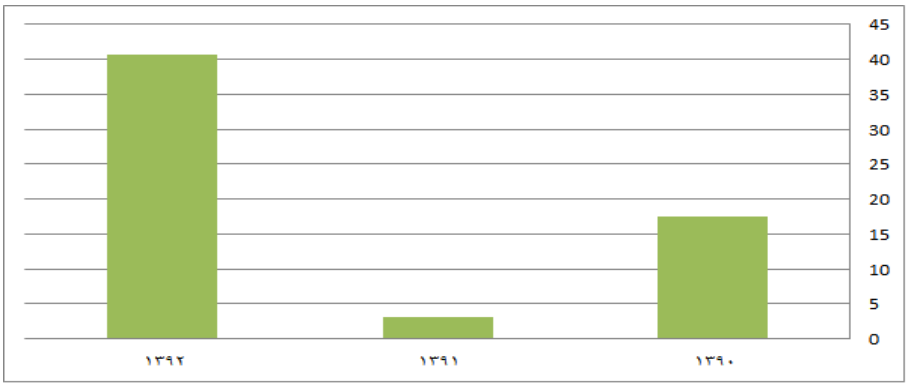
$$C_{EUTL,t} = Q_{cement,t} \times R_t \times H_t \times (CEF_{pro} + I_{En,t} \times CEF_{F,t}) \qquad (۱۵)$$

که $C_{EUTL,t}$ انتشارات مستقیم، $Q_{cement,t}$ تولید سیمان، H_t نرخ تولید داخلی کلینکر، CEF_{pro} انتشار فرآیند، $I_{En,t}$ شدت انرژی و$CEF_{F,t}$ شدت کربن سوخت ترکیبی است که نتایج محاسبات در جدول آمده است.

جدول ۲: انتشارات مستقیم $C_{EUTL,t}$ (میلیون تن)

سال	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
$C_{EUTL,t}$	۱۷۳۹۸/۱۲۴۸۳	۳۱۱۹/۱۹۱۵۰	۴۰۶۸۳/۰۲۰۷۴

منبع: محاسبات تحقیق



نمودار ۲: انتشارات مستقیم (هزار تن)

همان‌طور که مشاهده می‌شود انتشارات مستقیم در دوره زمانی موردنظر، با یک کاهش در سال ۱۳۹۱، دارای روند صعودی و رو به افزایش است. با یک وضعیت معین فناوری، با در نظرگرفتن سال ۱۳۹۰ به‌عنوان سال پایه و عدم تجارت کلینکر (H=۱)، یک سقف تخصیص‌یافته (A_t)، ($Q_{Cement}^{A_t}$) تولید میزان مشخصی از سیمان را بدون خرید یا فروش سهمیه نشان می‌دهد:

$$Q_{Cement}^{A_t} = \frac{A_t}{R_{1390}(CEF_{pro} + I_{En,1390}CEF_{F,1390})} = \frac{A_t}{C_e CI_{1390}} \qquad (۱۶)$$

در ادامه $Q_{Cement}^{A_t}$ را «معادل تولید مرتبط با سقف A_t» نامیده می‌شود. تفاوت بین انتشارات واقعی C_t (مرتبط با میزان $Q_{cement,t}$، R_t، H_t، $I_{En,t}$ ، $CEF_{F,t}$) و وضعیت مرجع مرتبط با سقف A_t (مرتبط با مقادیر $Q_{Cement}^{A_t}$، R_{1390}، H=۱، $I_{En,1390}$ ، $CEF_{F,1390}$) را محاسبه و با استفاده از روش LMDI تجزیه می‌شود. پس از آن تأثیر فعالیت، تأثیر تجارت کلینکر و گروه دیگر تأثیرات را تحت عنوان «تأثیر فناوری» ادامه داده می‌شود. نتایج در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳: تولید میزان مشخصی از سیمان ($Q_{Cement}^{A_t}$)(تن)

سال	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
$Q_{Cement}^{A_t}$	۲۵۰۸۲۷/۴۲۵۲	۲۵۰۸۱۶/۲۱۲	۲۵۰۸۳۷/۷۴۴۷

منبع: محاسبات تحقیق

با توجه به جدول می‌توان دریافت که تولید سیمان در این دوره از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ افزایش داشته و برای سال ۱۳۹۱ تا حدی کاهش‌یافته است. با توجه به اینکه زمان مرجع سال ۱۳۹۰ در نظر گرفته شده، میزان تولید مشخص سیمان در این حالت از تولید سیمان اولیه کم‌تر بوده و نشان می‌دهد که خالص واردات منفی است. برای مشخص کردن سهمیه‌مازاد و رانت کربن با استفاده از تفاوت بین

۱. برای هرتن سیمان ۶۵۶ کیلوگرم

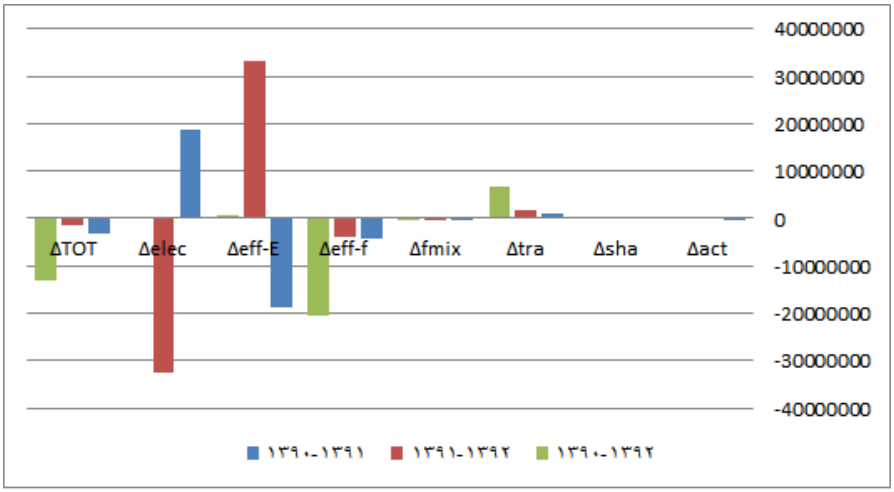
انتشارات واقعی C_t و وضعیت مرجع مرتبط با سقف A_t و با استفاده از روش LMDI تجزیه می‌شود که در جدول (۴) نتایج نشان داده‌شده است.

جدول ٤: تجزیه تغییرات انتشار (میلیون تن co_2)

دوره زمانی (۱۳۹۱-۱۳۹۰)		دوره زمانی (۱۳۹۲-۱۳۹۱)		دوره زمانی (۱۳۹۲-۱۳۹۰)	
تأثیر فعالیت	**-۰/۳۷۰۰۲**	**تأثیر فعالیت**	**۱/۲۵۱۱۱**	**تأثیر فعالیت**	**۱/۱۲۳۶۰**
تأثیر تجارت کلینکر	۱۰۵۱/۶۹۴۰۹	تأثیر تجارت کلینکر	۱۶۴۲/۸۲۴۱۰	تأثیر تجارت کلینکر	۶۵۴۸/۹۰۵۴۱
تأثیر سهم کلینکر	۰	تأثیر سهم کلینکر	۰	تأثیر سهم کلینکر	۰
تأثیر سوخت مرکب	-۱۴/۱۹۶۴۳	تأثیر سوخت مرکب	-۳۵/۸۴۳۹۱	تأثیر سوخت مرکب	-۱۱۴/۰۱۵۲۹
تأثیر کارایی الکتریکی	-۱۸۶۰۷/۶۳۸۸۷	تأثیر کارایی الکتریکی	۳۳۱۷۶/۹۰۲۳۴	تأثیر کارایی الکتریکی	۷۷۳/۲۸۹۲۷
تأثیر کارایی حرارتی	-۴۱۴۶/۵۴۵۵۸	تأثیر کارایی حرارتی	-۳۷۴۲/۳۳۲۹۹	تأثیر کارایی حرارتی	-۲۰۶۹۵/۴۴۵۳۱
تأثیر عامل انتشار کربن برق	۱۸۶۰۹/۹۱۸۸۱	تأثیر عامل انتشار کربن برق	-۳۲۶۳۲/۶۸۵۱۲	تأثیر عامل انتشار کربن برق	۲۵۴/۰۸۸۲۶
تأثیر تغییرات کل	-۳۱۰۷/۱۳۸۱۱	تأثیر تغییرات کل	-۱۵۸۹/۸۸۴۴۶	تأثیر تغییرات کل	-۱۳۲۳۲/۰۵۴۰۷

منبع: محاسبات تحقیق

همان‌طور که مشاهده می‌شود تأثیر تغییرات کل انتشار در هر سه دوره زمانی منفی حاصل‌شده است. در صورت مقایسه نمودار (۳) با نمودار (۱)، نتایج در شرایط عادی و اجرای توافق آب و هوایی پاریس، تأثیر کارایی الکتریکی، تأثیر تجارت کلینکر، تأثیر سهم کلینکر، تأثیر عامل انتشار کربن برق، تأثیر سوخت مرکب در هر دو نمودار یکسان بوده و تنها تفاوت در ضرایب آن است. در حالت تأثیر تغییرات کل انتشار در نمودار (۳) در هر سه دوره زمانی منفی حاصل‌شده ولی در نمودار (۱)، تأثیر تغییرات کل انتشار در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ مثبت و در دو دوره دیگر منفی بوده است. همچنین تأثیر فعالیت در نمودار (۱) در دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ منفی و در دو دوره دیگر مثبت به‌دست‌آمده است با این تفاوت که در نمودار (۳) این تأثیر در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ منفی و در دو دوره دیگر مثبت می‌شود. مثبت بودن تأثیر فعالیت به‌دلیل، افزایش تولید سیمان است که افزایش فعالیت در صنعت ساخت‌وساز آن را در پی دارد.



نمودار ۳: تجزیه تغییرات انتشار (هزارتن)

در هر سه دوره زمانی برون‌سپاری کلینکر[۱] و فعالیت‌های زیرزمینی که از جمع تأثیر فعالیت و تأثیر تجارت کلینکر حاصل می‌شود، مثبت بوده و اعداد آن در دوره زمانی ۱۳۹۱–۱۳۹۰، ۱۰۵۱/۳۲۴۰۷ و در دوره زمانی ۱۳۹۲–۱۳۹۱، ۱۶۴۴/۰۷۵۲۱ و در دوره زمانی ۱۳۹۲–۱۳۹۰، ۶۵۵۰/۰۲۹۰۱ میلیون تن است که به معنای عامل مؤثر در کاهش آلودگی کربن است و منجر به کاهش آلودگی می‌شود. ولی تأثیر تکنولوژی که حاصل جمع تأثیرات دیگر است منفی شده است و مقادیر آن در دوره زمانی ۱۳۹۱–۱۳۹۰، ۴۱۵۸/۴۶۲۱۸– و در دوره زمانی ۱۳۹۲–۱۳۹۱، ۳۲۳۳/۹۵۹۶۸– و در دوره زمانی ۱۳۹۲–۱۳۹۰، ۱۹۷۸۲/۰۸۳۰۸– میلیون تن است.

همچنین با توجه به این موضوع که زمانی که میزان سهمیه‌های اجرایی که به شرکت‌های سیمان می‌دهند بیش از گازهای منتشرشده‌ای است که برای تولید مقدار واقعی سیمان نیاز است، باشد به‌صورت خودکار مازادی از سهمیه‌ی تولید می‌شود ولی در این‌جا برعکس اتفاق افتاده است و اعداد حاصل منفی شده است که نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که با در نظرگرفتن تولید شرکت‌های سیمان ایران، مازاد سهمیه‌ای ایجاد نشده و درنهایت مازاد تولید و سود نداشته‌اند و نشان می‌دهد که برخلاف صنایع سیمان کشورهای اروپایی که دارای مازاد سهمیه و سود یا به عبارتی رانت کربن هستند، در کشور ایران رانت کربن وجود ندارد زیرا سهمیه مازاد تولید که رایگان حاصل می‌شود، ایجاد نشده که منجر به درآمد بیشتر و ایجاد ثروت برای صنایع سیمان شود.

۱. یعنی واردات کلینکر از کشورهای دیگر

نتیجه‌گیری

این مطالعه باهدف بررسی محاسبه رانت کربن در صنعت سیمان کشور ایران با درنظرگرفتن کاهش آلودگی در شرایط اجرای توافق پاریس در دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۹۰ مورد بررسی قرارگرفته است. نتایج نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که کل انتشارات تولید سیمان در دوره زمانی ۱۳۹۲-۱۳۹۰ دارای روند صعودی بوده و میزان انتشارات سوخت‌های فسیلی نیز دارای روند صعودی بوده و این افزایش باعث بالابردن آلودگی در محیط‌زیست می‌شود. انتشارات غیرمستقیم ناشی از برق مصرفی در تولید سیمان نیز دارای روندی رو به رشد بوده و در حالت کلی برای مقایسه سه انتشار که از مجموع آن انتشارات کل تولید سیمان حاصل می‌شود انتشارات فرآیند سهم کم‌تری دارند.

نتایج تحقیق حاکی از آن است که با مقایسه میزان تولید واقعی سیمان با میزان تولید در سال مرجع، میزان واردات و مازاد سهمیه مشخص می‌شود، با افزایش این دو مقدار می‌توان دریافت که فروش بیشتر و سود حاصل می‌گردد. زیرا زمانی که واردات مثبت شود و میزان سهمیه بیشتر از حد باشد می‌توان با فروش این محصولات، سود را افزایش داد و موجب بهبود رونق اقتصادی گردید. اما نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تفاوت این دو میزان منفی بوده و اعداد آن ۳۱۰۷/۱۳۸۱۱-، ۱۵۸۹/۸۸۴۴۶- و ۱۳۲۳۲/۰۵۴۰۷- است و بیانگر این موضوع است که از تولید شرکت‌های سیمان ایران با فناوری موجود، مازاد سهمیه‌ای ایجاد نشده و در نهایت مازاد تولید و سود نداشته‌اند و منجر به آلودگی بیشتر می‌شوند و هدف بلندمدت توافق آب‌وهوایی پاریس محقق نمی‌شود.

عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی به هفت عامل تجزیه طبقه‌بندی می‌شود که این عوامل عبارت‌اند از: تأثیر فعالیت (تأثیر تولید سیمان بر تغییرات انتشار)، تأثیر تجارت کلینکر (تأثیر تجارت کلینکر بر تغییرات انتشار)، تأثیر سهم کلینکر (تأثیر جایگزینی کلینکر بر تغییرات انتشار)، تأثیر سوخت مرکب (تأثیر سوخت جایگزین بر تغییرات انتشار)، تأثیر کارایی الکتریکی و حرارتی و تأثیر انتشار کربن (تأثیر عامل انتشار کربن تولید برق بر انتشار) است. با توجه به نتایج می‌توان دریافت که اثر تکنولوژی نسبت مازاد سهمیه ناشی از عملکرد فن‌آوری و اثر فعالیت و تجارت کلینکر نسبت مازاد سهمیه ناشی از برون‌سپاری کلینکر و فعالیت زیرزمینی را نشان می‌دهد. تخصیص بیش از حد به‌عنوان مجموع تأثیر فعالیت و تأثیر تجارت کلینکر تعریف می‌شود. این تخصیص می‌تواند به‌عنوان تفاوت بین تخصیص واقعی و تخصیص ستانده محور، بر اساس تولید جاری کلینکر با سطح مشخصی از فن‌آوری دیده شود. به‌گونه‌ای که بر پایه تولید جاری کلینکر با سطح مشخصی از فن‌آوری وضعیت مرجعی انتخاب می‌شود. زمانی که تولید کمتر از معادل تولید مرتبط با سقف Q_{Cement}^{At} است خالص واردات مثبت می‌باشد که این مطلب با توجه به جداول بالا قابل‌مشاهده است و اثر فعالیت و تأثیر تجارت کلینکر که نسبت مازاد سهمیه ناشی از برون‌سپاری کلینکر و فعالیت‌های زیرزمینی را ارائه می‌دهد، مثبت شده است. راهکارهای کاهش آلودگی

علاوه بر تغییرات تکنولوژیکی، استفاده از سوخت‌های جایگزین است[۱] که موجب کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و میزان آلودگی می‌گردد. همچنین افزایش بهره‌وری انرژی الکتریکی و حرارتی و کاهش شدت کربن برق را می‌توان برای کاهش انتشار آلودگی مؤثر دانست. براساس نتایج حاصل از تحقیق سیاست‌های زیر توصیه می‌گردد:

۱- براساس نتایج حاصل، یکی از روش‌های کاهش آلودگی تکنولوژی‌های نوین است که موجب کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و آلودگی می‌گردد. پیشنهاد می‌شود که با ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذاری در زمینه روش‌های نوین کاهش انتشار به منفعت اقتصادی در بازار دست پیدا کنیم.

۲- با توجه به نتایج مربوط به تولید شرکت‌های سیمان ایران، مازاد سهمیه‌ای ایجاد نشده و درنهایت مازاد تولید و سود نداشته‌اند. درنتیجه کارایی انرژی بیشتر نشده است بنابراین پیشنهاد می‌شود که با تشویق صنعت سیمان به به‌کارگیری فناوری‌های پاک بتوان میزان کارایی انرژی را بالا برد و مازاد سهمیه ایجاد کرد تا با تولید آن، کاهش آلودگی و فروش بیشتر و درنهایت سود برای تولیدکنندگان حاصل گردد.

۱. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در فرایند تولید سیمان

منابع

آقاملایی، ایمان، لشکری‌پور، غلامرضا و غفوری، محمد (۱۳۹۴). «ارزیابی آلودگی هوا ناشی از صنعت سیمان؛ مطالعه موردی کارخانه سیمان کرمان»، *دوماهنامه سلامت کار ایران*، ۲: ۹۲-۷۹.

پرتوی، عادل (۱۳۸۹). «بهره‌گیری از مکانیزم توسعه پاک در صنعت سیمان. شرکت انرژی‌های تجدیدپذیر مهر»، *اولین کنفرانس بین المللی صنعت سیمان*، انرژی و محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

پورعبادالهان کویچ، محسن؛ برقی اسگویی، محمدمهدی؛ صادقی، سیدکمال و قاسمی، ایرج (۱۳۹۲). «تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار آلودگی دی‌اکسیدکربن در زیربخش‌های صنعتی ایران»، *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، سال سوم، شماره ۹ : ۱۱۵-۱۳۱.

خوش‌منش، بهنوش، رضویان، فاطمه و هارونی، یوسف. (۱۳۹۵). اثرات زیست محیطی و تعیین راهکارهای اثرگذار در کاهش آلودگی زیست محیطی کارخانه سیمان سپاهان، *سومین کنفرانس بین المللی مهندسی محیط زیست*.

دامن کشیده، مرجان؛ نظری، محسن و رضائی، الهام سادات (۱۳۸۹). «بررسی عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 در ایران (مطالعه موردی نیروگاه‌ها)»، *فصلنامه علوم اقتصادی*، ۳(۱۲) :۲۴-۱.

رحیمی، نسترن؛ خودی، مریم و کارگری، نسترن (۱۳۸۶). «امکان‌سنجی اجرای تجارت نشر در نیروگاه‌ها و کاهش انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای»، *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۱۱(۳): ۱۵۳-۱۳۷.

رسولی، سوسن؛ خطیب‌زاده، صدیقه و سیف‌اله زاده، آرزو (۱۳۸۲). «آلودگی هوا در صنعت سیمان»، سمینار تخصصی محیط زیست و رنگ، ۱۰-۱.

زارع غیاثی، محسن؛ قزلباش، فرزاد و حسینی، غلامعلی (۱۳۹۶). «مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت سیمان (مطالعه موردی سیمان داراب)»، *اولین کنفرانس ملی مطالعات نوین مدیریت در ایران*.

سازمان حفاظت محیط زیست (۱۳۹۳). تجارت کربن: مفاهیم و اصول و تجارب سایر کشورها، شرکت انرژی‌های تجدیدپذیر مهر (توحید نودل)، *دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا*.

سالاری، ایمان؛ صادقی، زین‌العابدین و شکیبایی، علیرضا (۱۳۹۶). «برآورد هزینه نهایی کاهش CO2 کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر در ایران: رویکرد قیمت سایه‌ای». *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۶(۲۳): ۱۳۷-۱۵۹. doi: 10.22084/aes.2017.11398.2240

صادقی، زین العابدین (۱۳۹۵). *مباحث پیشرفته در اقتصاد انرژی*، تهران: نشر نور علم.

صادقی، زین‌العابدین؛ حری، حمیدرضا و محمدمیرزایی، آزاده (۱۳۹۳). «تحلیل تجزیه‌ی ساختاری آلودگی در ایران: رهیافت داده – ستانده»، *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۳(۱۰): ۷۵-۱۴۵.

عباسی، ابراهیم؛ صادقی، زین‌العابدین و خسروی، سینا (۱۳۸۸). «بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی»، *رهیافت تجزیه شدت انرژی (مطالعه موردی گروه سیمان کرمان)، هفتمین همایش ملی انرژی کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران*.

فطرس، محمدحسن و براتی، جواد (۱۳۹۰). «تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی به بخش‌های اقتصادی ایران؛ یک تحلیل تجزیه شاخص»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۲۸: ۷۳-۴۹.

محمدبد، علی (۱۳۹۳). «تحلیلی از صنعت سیمان در میزگرد تخصصی صنعت سیمان (هشتمین نمایشگاه بین المللی بورس،بانک و بیمه)»، *ماهنامه علمی تخصصی فن‌آوری سیمان*، شماره ۷۳: ۵-۱۱.

وزارت صنعت، معدن و تجارت به روایت آمار و اطلاعات (۱۳۹۵). *گردآوری دفتر آمار و فرآوری داده‌ها*، گزارش شماره ۲۳.

Akbostanc, E., Tunç, G.İ., Türüt-Aşık, S. (2011). "CO_2 Emissions of Turkish Manufacturing Industry: A Decomposition Analysis". *Applied Energy*, 88(6): 2273-2278.

Andrew, R. M. (2018). "Global CO 2 emissions from cement production". *Earth System Science Data*, 10(1): 195-217.

Bakhtyar, B., Kacemi, T., Nawaz, M. A. (2017). "A Review on Carbon Emissions in Malaysian Cement Industry". *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(3): 282-286.

Barker, D. J., Turner, S. A., Napier-Moore, P. A., Clark, M., Davison, J. E. (2009). "CO_2 Capture in the Cement Industry". *Energy procedia*, 1(1): 87-94.

Branger, F., Quirion, P. (2015). "Reaping the carbon rent: Abatement and overallocation profits in the European cement industry, insights from an LMDI decomposition analysis". *Energy Economics*, 47: 189-205.

Deng, X., Yu, Y., Liu, Y. (2015). "Temporal and Spatial Variations in Provincial CO_2 Emissions in China from 2005 to 2015 and Assessment of a Reduction Plan". *Energies*, 8(5): 4549-4571.

Ellerman, A. D., Buchner, B. K. (2008). "Over-allocation or abatement? A preliminary analysis of the EU ETS based on the 2005–06 emissions data". *Environmental and Resource Economics*, 41(2): 267-287.

González, P. F., Landajo, M., Presno, M. J. (2014). "Tracking European Union CO_2 Emissions through LMDI (Logarithmic-Mean Divisia Index) Decomposition". *The Activity Revaluation Approach. Energy*, 73: 741-750.

Kajaste, R., Hurme, M. (2015). "Cement Industry Greenhouse Gas Emissions–Management Options and Abatement Cost". *Journal of Cleaner Production*, 112: 4041-4052.

Ke, J., Mcneil, M., Price, L., Zheng Khanna, N., Zhou, N. (2013). "Estimation of CO2 emissions from China's cement production: methodologies and uncertainties". *Energy policy*, 57: 172-181.

Liu, L. C., Fan, Y., Wu, G., Wei, Y. M. (2007). "Using LMDI Method to Analyze the Change of China's Industrial CO_2 Emissions from Final Fuel Use: An Empirical Analysis". *Energy Policy*, 35(11): 5892-5900.

Snellings, R., De Schepper, M., De Buysser, K., Van Driessche, I., & De Belie, N. (2012). "Clinkering reactions during firing of recyclable concrete". *Journal of the American Ceramic Society*, 95(5): 1741-1749.

Su, B., & Ang, B. W. (2012). Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: some methodological developments. Energy Economics, 34(1): 177-188.

ضمیمه (واژگان کلیدی):

صنعت سیمان: در تعریف سیمان گفته شد که کلمه سیمان یعنی چسب و منظور از سیمان در مصالح ساختمانی چسبی است که در اثر ترکیب با آب قادر به چسباندن ذرات شن و ماسه (سنگدانه) است و پس از سفت و سخت شدن، در آب حل نمی‌شود. صنعت سیمان یکی از صنایع بزرگ و استراتژیک یک کشور محسوب می‌شود که با توسعه‌ی فعالیت‌های عمرانی و اقتصادی از ساختمان‌های کوچک یک طبقه گرفته تا سدهای عظیم همسو است (Snellings et al., 2012: 1472).

شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا (LMDI): شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا (LMDI): شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا (LMDI)؛که به دو روش LMDI-I[1] وLMDI-II صورت می‌گیرد با توجه به نوع اطلاعات به‌جای میانگین حسابی از آن استفاده می‌شود و پیچیده تراز شاخص میانگین حسابی می‌باشد. برای انتخاب بین این دو روش تحقیقات زیادی صورت گرفته است. نتایج ارائه شده توسط هردو روش بسیار مشابه می‌باشد و به‌دلیل فرمول ساده‌تر LMDI-I این روش بیشتر توصیه شده است (Su & Ang, 2012: 180).

رویکرد تحلیل تجزیه شاخص بر ساس تکنیک تجزیه است که به‌طور گسترده در مطالعات انرژی و زیست‌محیطی استفاده می شود. این روش براساس استفاده از شاخص‌های اقتصادی در مقادیر به‌منظور تجزیه تغییرات یک متغیر کل می‌باشد، هرچند مشکلات روش‌شناختی در شاخص‌های اقتصادی نیز وجود دارد، مثلاً مشکل اعداد شاخص که توسط فیشر[2] (۱۹۲۷) توسعه‌یافته بود، توسط دیورت[3] (۱۹۸۰) شناخته و اعلام شد. اولین مدل تجزیه براساس شاخص‌های لاسپیرز، پاشه و مارشال – اچ ورث توسط هیلتن[4](۱۹۸۷) فرموله شد. بوید[5] و همکاران (۱۹۸۷) شاخص دیویژیا را معرفی کردند. پس از آن روش تطبیق وزنی دیویژیا توسط لیو[6] و همکاران (۱۹۹۲) مطرح شد که پایه ای برای پیشنهاد رویکرد پارامتریک عمومی دیویژیا[7] توسط آنگ و لی[8](۱۹۹۳) بود. آنگ[9] (۱۹۹۴) وآنگ (۱۹۹۵) تجزیه چند سطحی را با روش‌های متعدد مصرف انرژی، شدت انرژی و ضریب انرژی با احتساب تأثیر عواملی از قبیل تغییر در سطح جداسازی اطلاعات معرفی کرد و رویکرد پارامتریک دیویژیا را گسترش داد. پس‌ازآن فرمول‌های تجزیه، بسط و گسترش‌یافته و به‌طور گسترده مورداستفاده قرار گرفت.آنگ و چویی[10] (۱۹۹۷) روش میانگین لگاریتمی دیویژیا که تابعی وزنی است را با

1. Logarithmic Mean Divisia Index Methods $LMDI - I$
2. Fisher
3. Diewert
4. Hulten
5. Boyd
6. Liu
7. General Parametric Divisia.
8. Ang and Lee
9. Ang
10. Ang and Choi

اصطلاح LMDI پیشنهاد کردند که این روش ریشه در مطالعات انجام شده توسط سیگل[1] (۱۹۴۵) و شپلی[2] (۱۹۵۳) دارد (صادقی، ۱۳۹۵).

آلودگی: برای تولید یک تن کلینکر در حدود یک تنCO_2 تولید می‌گردد که کم‌تر از نصف آن ناشی از سوخت مصرفی کارخانه است. بنابراین هر عاملی که موجب سوخت کم‌تر یا استفاده بهتر از سوخت مصرفی شود موجب کنترل انتشار CO_2 می‌گردد. استفاده از سوخت‌هایی که مواد آلی کم‌تری دارند از قبیل خاکستر سبک و ضایعات صنایع دیگر روش مناسبی برای کاهش آلاینده‌ها است (رسولی و همکاران، ۱۳۸۲).

اجرای توافق پاریس: دانشمندان محیط‌زیست پیش‌تر پیش‌بینی کردند که اگر کشورهای صنعتی تولید گازهای گلخانه‌ای که مهم‌ترین محصول صنایع و علت اصلی گرم شدن کره زمین است را کاهش ندهند،کره‌ی زمین تا پایان قرن ۲ درجه گرم‌تر خواهد شد که این مسئله به نابودی ذخایر در قطبین، ایجاد سیلاب‌ها، تغییرات آب و هوایی شدید و حوادث زیست‌محیطی مرگبار منجر می‌شود. صنایع انرژی بر نظیر صنعت سیمان برای اجرای توافق آب‌وهوایی پاریس مناسب می‌باشند. هدف بلندمدت توافق آب‌وهوایی پاریس این است که دمای کره‌ی زمین تا پایان قرن به‌جای ۲ درجه، ۱/۵ درجه افزایش یابد.کشورهای جهان پذیرفتند که برای دستیابی به این هدف هر ۵ سال هدف‌های مربوط به کاهش حجم آلایندگی خود را بازنگری و اصلاح کنند.

رانت کربن: یعنی یک تولیدکننده بتواند یک محصول را با انرژی کمتر و در نتیجه آلودگی کمتری نسبت به سایر تولیدکنندگان تولید کند (Branger & Quirion, 2015: 190).

سیستم تجارت کربن: یک روش مبتنی بر بازار جهت کنترل آلودگی از طریق ارائه مشوق‌های اقتصادی برای کاهش انتشار آلاینده‌های است. همچنین حداقل‌سازی هزینه‌های کاهش انتشار در برنامه‌های سقف و مبادله انتشار را نشان می‌دهد و اهداف زیست‌محیطی را با امکان‌پذیری اقتصادی مورد تطابق قرار می‌دهد (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹۳).

کلینکر: کلینکر جزء یکی از مواد اولیه تولید سیمان به‌شمار رفته و یک محصول فرآیندی است و برحسب نوع سیمان، در ترکیب سیمان استفاده می‌شود. کلینکر در تولید سیمان پرتلند، دانه‌های حرارت دیده‌ای است که معمولاً ۳–۲۵ میلی‌متر (قطر) دارند و از حرارت دادن به سنگ‌آهک و آلومینیوم سیلیکات (خاک رس) در طی مرحله کوره سیمان به وجود می‌آیند(Snellings et al., 2012: 1743).

1. Siegel
2. Shapley

Applied Economics Studies, Iran (AESI) **193**

Volume 7, Number 27, Fall 2018

Estimation Carbon Rent in the Cement Industry of Iran: Abatement advantage under Paris Agreement
(Experience-based European Union Emissions Trading System)

Sadeghi, Z.[1*], Samereh Taheri Nasab, Z. S.[2], Akbari far, H.[3]

Abstract

The present study aims to determine how cement industry profit is affected by considering conditions of implementation of the Paris Agreement. It also aims to determine factors affecting pollution and reduced pollution caused by cement production. In order to achieve these goals, the case study of Iran has been investigated during 2011-2013 using logarithmic mean Divisia index (LMDI). By estimating experimental model, the results represented that environmental pollutions caused by the manufacturing industry can be reduced using new technologies, and alternative fuels. Results also indicate seven factors in the decomposition for pollution emission, including the activity effect, the clinker trade effect, the The clinker share effect, The fuel mix effect, The thermal and electrical energy efficiency effect, and the electricity carbon emission factor effect. We can make distinction between the first two effects that are options for non-technical pollution reduction and other effects that are options for technical pollution reduction. Additionally, results suggest that cement companies of Iran have not created surplus quota and they have not surplus production and profit. This indicate that, unlike European countries that have surplus quota and profit or carbon rent, Iran does not have it, since surplus production quota generated freely has not been generated to lead increased income and wealth creation.

Keywords: Cement Industry, Log Mean Divisia Index (LMDI), Pollution, Making Paris Agreement.

JEL Classification: L61, C49, Q53, F53.

1. Associate Professor, Department of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman **Email:** Abed_sadeghi@yahoo.com
2. Master of Science in Energy Economics, Shahid Bahonar University of Kerman **Email:** za.ta1366@yahoo.com
3. Assistant Professor, Department of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman **Email:** akbari45@gmail.com