فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال هجدهم/ شماره ۷۴/ پاییز ۱۴۰۱/ صفحات ۱۲۳-۱۰۱

تجزیه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به محرک‌های مؤثر در بخش صنایع تولیدی ایران، با استفاده از روش LMDI طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸

علی احمد یارمحمدی
دانشجوی دکتری تخصصی مدیریت محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
Ahmady۲۶۹@yahoo.com

رضا ارجمندی*
دانشیار رشته مدیریت محیط‌زیست و عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
hrezaarjmandi@gmail.com

نبی ا... منصوری
استاد رشته بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست و عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
nmansourin@gmail.com

فرزام بابایی

Farzam.babaie@gmail.com
استادیار رشته مدیریت محیط‌زیست و عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۵

چکیده:

انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی در صنایع تولیدی جهان با دارا بودن سهمی معادل ۳۰ درصد از انتشار، به عنوان یکی از پتانسیل‌های مهم کاهش مطرح می‌باشد. در این پژوهش با بکارگیری روش میانگین لگاریتمی شاخص دیویژیا در تلفیق با مدل کایا ، عوامل مؤثر بر انتشار صنایع تولیدی ایران، شامل فاکتورهای فعالیت، ساختار صنایع، شدت انرژی، ترکیب سوخت و ضریب انتشار طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ شناسایی و مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج، اثرات سطح فعالیت صنعتی مهمترین محرک انتشار در صنایع کارخانجات تولیدی می‌باشد، به طوری که میزان انتشار از ۳۳/۲۲ میلیون تن در سال ۱۳۷۸ به ۶۷/۳۵ میلیون تن در سال ۱۳۹۸ افزایش یافته است. محرک ساختار صنعتی در جهت عکس عمل نموده و از ۳/۸۵- میلیون تن در سال ۱۳۷۸ به ۲۹/۷۳- میلیون تن کاهش داشته است. همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنایع شیمیایی و پتروشیمی، کارخانجات سیمان و تولیدات فلزی غیرآهنی به ترتیب ۶۰/۳۸، ۵۵/۲۹ و ۳۷/۹ میلیون تن افزایش داشته و تغییرات در انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنایع پالایش نفت و زغال سنگ نیز در دوره مورد بررسی تقریباً ثابت بوده است.

طبقه بندی JEL: Q۵۶، Q۵۴، Q۵۲، Q۵۱

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، گازهای گلخانه‌ای، انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنایع، روش تجزیه شاخص، روش جمعی LMDI.

*نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

۱- مقدمه

افزایش مداوم انتشار گازهای گلخانه‌ای، یکی از دلایل اصلی گرمایش جهانی‌است. گرمایش جهانی، مهمترین و احتمالاً سخت‌ترین تهدید زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی تا کنون است که جهان در قرن اخیر با آن مواجه بوده است (شیرمحمدی و همکاران، ۲۰۱۸). این پدیده همچنین اثرات نامطلوب زیست‌محیطی مانند بالا آمدن سطح دریاها، خشکسالی، مواد غذایی و غیره به دنبال داشته است. در طول قرن بیستم، میانگین دمای زمین ۰/۶ درجه افزایش یافته و تخمین زده می‌شود که در قرن آینده ۵-۱ درجه دیگر افزایش یابد (Bistline and Rai 2010).

فعالان محیط‌زیست به طور مکرر از جامعه بین‌المللی خواسته‌اند تا در مورد این مشکل فاجعه‌بار اقدام قاطعانه انجام دهند. COP21[1] در پاریس به عنوان نشانه‌ای از همبستگی و سازگاری برای مقابله با مشکلات تغییرات آب‌وهوایی در نظر گرفته شده است. هدف اصلی COP21 پیش‌گیری از افزایش دمای جهانی زیر ۲ درجه سانتیگراد و محدود کردن این افزایش کمتر از ۱/۵ درجه سانتیگراد نسبت به زمان قبل از صنعتی شدن است (A. Razmjoo et al., 2019). اکثر کشورهای توسعه یافته، به ویژه اعضای اتحادیه اروپا و کشورهای نوردیک، سیاست‌های منسجمی را در مورد انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های کم کربن در دو دهه گذشته و اتخاذ کرده‌اند تا خواسته‌های جدی و مهم جوامع بدون کربن را برآورده سازند (Ardikni et al., 2018, Hosseini et al., 2017). این درحالی است که اکثر کشورهای جهان سوم مانند ایران هنوز برنامه ای جامع و قدرتمند برای مقابله با مشکل تغییرات آب‌وهوا را ارائه نکرده‌اند (A. Razmjoo et al., 2019). فراوانی منابع فسیلی در کشور و عدم در تدوین سیاست‌های یکپارچه انرژی و نیز ناهماهنگی در اجرای برنامه‌های موجود، وضعیت اقلیمی را بشدت بدتر کرده است. به همین دلیل، مصرف سرانه انرژی در ایران ۵۷ درصد بیشتر از متوسط مصرف سرانه انرژی در جهان می‌باشد (World Bank[2], 2019).

تغییرات آب و هوا را می‌توان یکی از بزرگترین چالش‌های زیست‌محیطی و مؤثر بر امکان توسعه پایدار در عصر حاضر دانست، که در دو دهه اخیر بسیاری از کشورها و

1. Conference of the parties (COP)

۲. بانک جهانی

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

مناطق جهان را درگیر پیامدهای منفی نموده است. تغییرات ناهمسان دمایی، تغییر در الگوی بارش‌ها، طوفان و سونامی، ذوب یخ‌های قطبی و افزایش سطح آب‌ها، برخی از شایع‌ترین پیامدهای تغییر اقلیم به شمار می‌رود (توکلی، ۱۳۹۸).

نگرانی از این موضوع، به توافق جهانی در خصوص نیاز به اقدام جمعی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت انسان منجر گردیده است (UNFCCC[1],2015). هدف اصلی توافق‌نامه پاریس، محدود کردن درجه حرارت جهانی کره زمین بسیار پایین‌تر از ۲ درجه بالاتر از سطح قبل از انقلاب صنعتی، به منظور کاهش تغییرات آب و هوا تا پایان قرن حاضر می‌باشد. دستیابی به این هدف نیاز به کاهش ۵۰ درصدی انتشار سالانه تا سال ۲۰۵۰ و عدم انتشار تا سال ۲۰۸۰ و انتشار منفی خالص پس از آن دارد (Fuss et al., IPCC, 2014, Rogeljr et al., 2015, Millar et al., 2017).

از آنجائیکه صنایع تولیدی، مسئول ۳۰ درصد از انتشار (GHG_S)[2] در جهان می‌باشند، انتظار می‌رود که کاهش انتشار در صنایع نقش مهمی در رسیدن به هدف توافق‌نامه پاریس داشته باشد (Energy Agency[3], 2007, Kesicki & Yanagisawa, 2015).

ایران هفتمین کشور منتشر کننده گازهای گلخانه‌ای با سهمی معادل ۲/۰۳ درصد از کل انتشار جهانی در سال ۱۳۹۸ بعد از کشورهای ژاپن و آلمان می‌باشد. با این حال، از دیدگاه اقتصادی، تولید ناخالص داخلی ایران از مجموع برلین و توکیو کمتر است. بخش بزرگی از درآمد ایران مربوط به صادرات نفت‌خام می‌باشد که این سطح از انتشار برای کشور صرفه اقتصادی ندارد و در نتیجه مصرف سرانه انرژی در ایران ۵۷ درصد بالاتر از متوسط مصرف سرانه انرژی در جهان است. از نظر روند سالیانه، میزان انتشار (GHG_S) از بخش صنایع در طول دوره مطالعه (۱۳۹۸-۱۳۷۸)، ۲۳۲ درصد افزایش یافته است (Our world in data). تنها راه علمی و عملی برای کاهش یا مقابله با این رویداد طبیعی تشدید یافته را می‌توان در تلاش‌های جهانی برای کاهش سریع انتشار (GHG_S) خلاصه نمود. نشست اقلیمی پاریس (COP21) در دسامبر ۲۰۱۵ را می‌توان نخستین توافق الزام‌آور بین‌المللی برای مقابله با تغییرات آب و هوایی دانست،

1. United Nation Framework Convention on Climate Change
2. Green House Gas
۳. آژانس انرژی

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

که مورد توافق ۱۹۵ کشور جهان بوده و از سال ۲۰۲۰ لازم‌الاجرا شده است (یونپ[1]، ۲۰۱۵). همکاری‌های بین‌المللی در زمینه کاهش و سازگاری با تغییرات اقلیمی سبب شده ایران در خلال برنامه‌های پیشنهادی اهداف مورد نظر مشارکت ملی (INDC[2])، متعهد به کاهش ۴ درصدی انتشارها نسبت به وضع موجود تا سال ۲۰۳۰ شود و در صورت تغییر شرایط از جمله رفع تحریم‌ها و حمایت مالی از جانب جامعه بین‌المللی، این رقم تا ۱۲ درصد نیز قابل افزایش خواهد بود (سازمان محیط زیست ایران[3]، ۲۰۱۵، چارچوب کنوانسیون سازمان ملل درباره تغییرات اقلیمی، ۲۰۱۵). از آنجائیکه تغییرات اقلیم جز با کاهش انتشار (GHG_S) تا سطح ایمن، قابل کنترل نمی‌باشد، شناسایی عوامل مؤثر بر انتشار و تحلیل سناریوهای ممکن برای تحقق این اهداف اهمیت فراوانی دارد. بر اساس این هدف، مطالعه حاضر با تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش صنایع و زیربخش‌های آن، سهم هریک از عوامل مزبور را در تغییرات انتشار (GHG_S) مشخص نموده و به ارائه راهکارهای مناسب به منظور کنترل انتشار می‌پردازد. درک میزان تأثیر این عوامل برعملکرد محیطی صنایع، بینش مهمی را برای سیاست‌گذاران در مورد اثر بخشی کاهش تغییرات آب و هوایی فراهم می‌کند. مطالعه دقیق در مورد روند انتشارات و عوامل کلیدی مؤثر بر انتشار، همچنین برجسته کردن نقاط بحرانی که در آن نقاط کاهش قابل توجهی از انتشار (GHG_S) امکان پذیر است، برای تقویت اقتصاد کم کربن ایران در طولانی مدت کمک می‌کند.

ساختار پژوهش حاضر بدین شکل است که: ابتدا و پس از مقدمه در بخش دوم، مبانی نظری و در بخش سوم، شواهد تجربی ارائه شده در مطالعات داخلی و خارجی و پیشینه موضوع بررسی خواهد شد. بخش چهارم، به روش تحقیق و تدوین الگوی مورد نظر اختصاص داشته و در بخش پنجم، به بررسی و ارزیابی نتایج حاصله از تحقیق پرداخته خواهد شد و در پایان جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه خواهدگردید.

1. UNEP
2. Intended Nationally Determined Contribution (INDC)
3. Department of environment (DOE)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

۲- مبانی نظری تحقیق

ارتقاء دانش بشری در حوزه تغییر اقلیم، خسارت‌های اقتصادی ناشی از آن و فشارهای جامعه بین‌الملل در راستای تعدیل و سازگاری با این پدیده سبب شده همه کشورها، اعم از توسعه یافته و در حال توسعه، تلاش کنند راه‌حل‌های منطقی و اقتصادی برای کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و یا بازیابی گازهای گلخانه‌ای را در زمره سیاست‌های ملی خود قرار دهند. بخشی از این تلاش‌ها منجر به تحقیق در زمینه ساختار انتشار گازهای گلخانه‌ای و شناسایی عوامل مؤثر بر انتشار شده است (توکلی ۱۳۹۸). عوامل بسیاری انتشار گازهای گلخانه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهند که در میان آنها می‌توان به رشد اقتصادی، رشد جمعیت، تغییرات تکنولوژی، سبک زندگی و تجارت بین‌الملل اشاره نمود. برای سیاست‌گذاران زیست محیطی و انرژی، ضروری است که نقش عوامل محرک در هدایت سطوح انتشار را شناسایی کنند (شاداب‌فر، ۱۳۹۷). همراه با رشد و توسعه سریع اقتصادی، انرژی بیشتری به منظور تأمین نیازهای روزانه مصرف می‌شود. با این وجود افزایش مصرف انرژی به افزایش آلودگی و بدتر شدن کیفیت محیط‌زیست منجر می‌گردد (هی[1] و همکاران، ۲۰۱۸).

سابقه کاربرد روش‌های تجزیه و تحلیل انرژی و زیست‌محیطی به پس از بحران نفتی ۷۴-۱۹۷۳ باز می‌گردد. مطالعات اولیه بیشتر در حوزه مصرف انرژی بخش صنعت معطوف بوده است که برای تجزیه اثرات تغییر در شدت انرژی از چند روش ساده مانند روشی برای ارتباط بین تجزیه انرژی و شاخص عددی استفاده شده است (بوند، هانسون واسترنر ۱۹۹۸). در ادامه این روند، مطالعات اخیر به تجزیه و تحلیل اقتصادی بخش‌ها و زیر بخش‌ها تأکید داشته است. در دهه ۱۹۹۰، به علت اهمیت تغییرات آب و هوایی، تحلیل‌های تجزیه‌ای به انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با انرژی معطوف شد و این روش در تحلیل‌های مرتبط با مصرف انرژی و انتشار این گازها به طور گسترده در سطوح مختلف کشوری، در سطح کشوری، بین بخش و زیربخش‌های اقتصادی و در صنایع خاص به کار گرفته شد (پائول و همکاران، ۲۰۰۴؛ ونگ، چن وزو، ۲۰۰۵؛ تانک و همکاران، ۲۰۰۵؛ دیاکولاگی و همکاران، ۲۰۰۶). در بررسی و تجزیه و تحلیل عوامل

1. He, L

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

محرک در انتشار (GHG_S)، دو روش و رویکرد متفاوت IDA[1] و SDA[2] به کارگرفته می‌شود. در سال‌های اخیر تکنیک‌های تجزیه و تحیل شاخص IDA بیشتر مورد استفاده قرار گرفته لزا این رویکردها بیشتر دستخوش تغییرات در حوزه کاربرد شده‌اند به طوری که از آن‌ها برای تجزیه تقاضای انرژی و انتشار گازها در بخش‌های مختلف استفاده می‌گردد. رویکرد IDA را می‌توان در حالت کلی در قالب دو دسته متفاوت طبقه‌بندی نمود: روش‌های بر پایه شاخص لاسپیرز و روش‌های بر پایه شاخص دیویژیا. روش‌های بر پایه شاخص لاسپیرز در برگیرنده شاخص لاسپیرز ساده، شاخص شپلی-سان، شاخص پاشه، شاخص ایده‌آل فیشر و شاخص مارشال-اجورث می‌باشد. روش‌های بر پایه تکنیک‌های دیویژیا نیز شامل تکنیک شاخص دیویژیای میانگین حسابی (AMDI)[3] و شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI)[4] که توسط انگ[5] و چویی(۱۹۹۷)، بیان شده و به وسیله انگ (۲۰۰۵) بسط یافته است، می‌باشد.

هرکدام از شاخص‌های IDA کاربرد معینی دارند و برای استفاده‌های خاصی بکار می‌روند. از بین این شاخص‌ها تنها دو شاخص IDA لاسپیرز و IDA دیویژیای میانگین لگاریتمی هستند که در تمام موارد قابل استفاده‌اند و نتایج مشابهی نبز بدست می‌دهند. این دو روش از IDA نیز مزایا و معایبی دارند. استفاده از این دو روش به تعداد عوامل مورد بررسی و همچنین به شکل و نوع داده‌ها بستگی دارد. شاخص لاسپیرز در برابر تعدد عوامل مؤثر، دچار پیچیدگی در فرمول‌های محاسباتی می‌شود، به همین دلیل در مطالعات مربوط به عوامل مؤثر در مصرف انرژی یا انتشار گازهای گلخانه‌ای کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در مقابل شاخص‌های دیویژیا با دارا بودن ویژگی‌هایی از قبیل ساختار تئوری، انعطاف‌پذیری، سهولت در استفاده و تفسیر نتایج، بیشتر استفاده شده است (آنگ، ۲۰۰۴). در مقایسه دو روش دیویژیا (روش میانگین حسابی AMDI و میانگین لگاریتمیLMDI)، روش میانگین لگاریتمی ترجیح داده می‌شود. علت آن را می‌توان در ضعف روش میانگین حسابی (AMDI) در برقراری آزمون برگشت عامل، گاهی ایجاد پسماند و نیز مشکل محاسباتی در صورت وجود مقادیر صفر در فرآیند

1. Index Decomposition Analysis
2. Structural Decomposition Analysis
3. Arithmetic Mean Devisia Index
4. Logarithmic Mean Devisia Index
5. Ang

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

آماری دانست. در حالی که روش میانگین لگاریتمی (LMDI) با توزیع جمله اخلال توزیع برابر (پورعبادالهان کویچ و همکاران، ۱۳۹۴) جایگزین مقادیر کوچک (SV)[1] (مثلاً بجای صفر از $S=10^{-100}$ استفاده می‌شود) این مشکل را برطرف کرده است (انگ و لیو، ۲۰۰۷). با این رویکرد در این تحقیق به ارزیابی سهم عوامل محرک بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در دوره ۱۳۹۸ – ۱۳۷۸ پرداخته شده است. روش تحلیل تجزیه شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی (LMDI) در ترکیب با مدل انتشار توسعه یافته کایا (EKI)[2] برای شناسایی و تجزیه و تحلیل مد نظر قرار گرفته است.

۳- پیشینه تحقیق

آق بستانچی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از روش جمعی LMDI، به بررسی عوامل انتشار دی‌اکسیدکربن در ۵۷ زیربخش صنعتی ترکیه پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که تغییر در سطح فعالیت تولید و شدت انرژی مهمترین عوامل در تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن می‌باشد.

قلی‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای، تغییرات انرژی مصرفی بخش مسکونی را با استفاده از تکنیک تجزیه شاخص دیویژیای میانگین لگاریتمی جمع‌پذیر، برای دوره ۱۳۸۷ – ۱۳۷۳ تحلیل می‌کنند. بررسی چهار اثر درآمدی خانوار، بهره‌وری انرژی، رشد جمعیت و جایگزینی انرژی نشان داد که درآمد خانوار، بیشترین اثر را بر رشد مصرف انرژی مسکونی دارد. پس از آن رشد جمعیت و بهره‌وری انرژی دو عامل مؤثر بر افزایش مصرف انرژی خانوار هستند.

کفایی، سیدمحمدعلی، نژادحسینیان وش، پریا (۱۳۹۵) در پژوهشی شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی انرژی بخشی (کشاورزی، صنعت، حمل‌ونقل و خدمات) در اقتصاد ایران را مورد ارزیابی و تجربه و تحلیل قرار دادند. بدین منظور، بر اساس مبانی نظری و شواهد تجربی و نیز با استفاده از داده‌های بخشی سال ۱۳۹۱-۱۳۷۳، عوامل مؤثر برکارایی انرژی بخشی به روش داده‌های تابلویی شناسایی شدند. یافته‌ها حاکی از آن است که موجودی سرمایه مستقیم خارجی و قیمت نسبی انرژی، تأثیر مثبت و ارزش

1. Small Value
2. Extended Kaya Intensity

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

افزوده و نسبت موجودی سرمایه به نیروی کار بخش‌های، تأثیر منفی بر کارایی انرژی بخش‌های دارند.

علیشیری و همکاران (۱۳۹۶) مطالعه چهار اثر فعالیت اقتصادی، تغییرات ساختاری، ضریب انتشار و شدت انرژی در بخش خانگی و تجاری، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی در بازه زمانی ۱۳۹۱ – ۱۳۸۰ نشان می‌دهد در تمامی بخش‌ها، اثر ساختاری، بیشترین تأثیرگذاری را بر انتشارها داشته است. در این مطالعه که با استفاده از روش تحلیل تجزیه لاسپیرز لصلاح شده صورت گرفته، انتظار می‌رود انتشارها در آینده افزایش یابد و این افزایش عمدتاً از مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش صنعت ناشی می‌شود.

حسینی و همکاران (۲۰۱۹) پژوهش پیش‌بینی انتشار گازهای گلخانه‌ای کشور ایران در سال ۲۰۳۰، با مفروضات سناریوهای معمولی (BAU)[1] و برنامه ششم توسعه (SDP)[2] با استفاده از تحلیل رگرسیون خطی چندگانه (MLR)[3] و رگرسیون چند جمله‌ای (MPR)[4]، انجام دادند. یافته‌ها حاکی از آن بود که ایران به احتمال زیاد به تعهدات خود به توافق پاریس بر اساس فرض BAU عمل نخواهد کرد. با این حال در صورت اجرای کامل SDP، ایران می‌توانست تا پایان سال ۲۰۱۸ به هدف دست یابد.

داود بهبودی و همکاران (۱۳۸۸) رابطه مصرف انرژی (شدت استفاده از انرژی)، و انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن، به عنوان معیاری برای آلودگی محیط‌زیست در ایران را بررسی نمودند. برای این منظور از داده‌های سری زمانی در دوره زمانی ۱۳۸۳ – ۱۳۴۶ استفاده شده است. برای برآورد مدل از روش هم انباشتگی جوهانسون – جسپلیوس و مدل تصحیح خطای برداری استفاده نموده‌اند. نتایج حاصل از مطالعه نشان دهنده وجود رابطه‌ای مثبت بین متغیرهای مستقل همانند مصرف انرژی، رشد اقتصادی، آزادسازی تجاری، جمعیت شهرنشین و متغیر انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن در ایران است.

زکوآن دینگ و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای صنایع نیروگاه‌های برق چین را با مدل LMDI-I به محرک‌های مؤثر انتشار تجزیه نمودند. نتایج آنالیز تجزیه نشان داد که اندازه اقتصاد مهمترین فاکتور مؤثر بر انتشار این

1. Business As Usual
2. Sixth Development Plan
3. Multiple Linear Regression
4. Multiple Polynomial Regression

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

گازها در صنایع نیروگاه‌های برق چین می‌باشد. همچنین اثرات مقیاس مصرف برق و عوامل ساختاری انرژی نیز نقش بسزایی در افزایش CO_2 داشته است.

سویی کیم (۲۰۱۷) در پژوهش خود درباره آنالیز تجزیه با مدل LMDI مصرف انرژی بخش کارخانجات کره، به این نتایج رسیده که: محرک سطح فعالیت، نقش اصلی را در افزایش مصرف انرژی دارد. در حالیکه اثرات فاکتورهای ساختار و شدت در کاهش مصرف انرژی مؤثر هستند، در این خصوص تأثیر ساختار بزرگتر از تأثیر شدت بوده است.

فطرس و براتی (۱۳۹۰) با بکارگیری روش جمعی LMDI، به مطالعه عوامل انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در بخش‌های اصلی اقتصاد ایران در دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۷۶ پرداختند. آن‌ها با در نظر گرفتن پنج بخش صنعت، کشاورزی، حمل‌ونقل، خانگی-تجاری-عمومی و سایر بخش‌ها، عوامل مؤثر بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را به چهار دسته شامل فعالیت، تغییرات ساختاری، شدت انرژی و ضریب انتشار تفکیک می‌کنند. نتایج حاکی از آن است که رشد اقتصادی (که از تغییرات سطح فعالیت ناشی می‌شود) بزرگ‌ترین اثر را بر تغییرات انتشار دی‌اکسیدکربن در تمام بخش‌های مورد بررسی (بجز بخش صنعت و حمل‌ونقل) داشته است و تغییرات ساختاری در دو بخش صنعت و حمل‌ونقل اثر غالب را بر افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است.

توکلی (۱۳۹۷) در پژوهشی تحت عنوان «تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG_S) و پتانسیل‌های کاهش انتشار در ایران» با استفاده از روش میانگین لگاریتمی شاخص دیویژیا (LMDI) در تلفیق با توسعه یافته کایا (EKI) پنج عامل مؤثر شامل جمعیت، سرانه GDP، شدت انرژی، شدت کربن و سهم سوخت‌های فسیلی در بازه زمانی ۲۰۱۲-۱۹۷۱ برای کشور ایران مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج، شدت کربن، اثر فعالیت و جمعیت دارای اثر افزایشی و سهم سوخت‌های فسیلی مهمترین عامل کاهش انتشارهاست.

پورعبادلهان کویچ و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان «تجزیه عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار آلودگی دی‌اکسیدکربن در زیربخش‌های صنعتی ایران»، با استفاده از تکنیک تجزیه شاخص به بررسی عوامل اصلی انتشار دی‌اکسیدکربن در زیر بخش‌های صنعتی ایران، طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۹ می‌پردازد. برای این منظور با بکارگیری روش

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

جمعی LMDI، عوامل مؤثر در تغییرات انتشار به پنج عامل اثر فعالیت، اثر ساختاری، اثر شدت، اثر ترکیب سوخت و اثر ضریب انتشار تجزیه می‌شوند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که عامل اصلی افزایش دی‌اکسیدکربن در زیر بخش‌های صنعتی ایران، اثر فعالیت بوده و در نقطه مقابل اثر شدت انرژی تأثیر قابل توجهی در کاهش انتشار داشته است.

سانچز واسترن (۲۰۱۶) به ارزیابی ارتباط میان انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش‌های صنعتی و غیرصنعتی با رشد اقتصادی در بازه زمانی ۴۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۷۱) میان ۱۲۹ کشور جهان پرداخته است. نتایج پژوهش نشان داد رشد اقتصادی منجر به افزایش انتشارها می‌گردد. لازم به ذکر است این مسئله در بخش صنعت تأثیرگذارتر بوده است.

علیرضا طلایی (۲۰۱۹) به ارزیابی بهره‌وری انرژی و فرصت‌های طولانی مدت کاهش گازهای گلخانه‌ای در صنایع کانادا پرداخته است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که سطح فعالیت، بزرگترین عامل و محرک در افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش صنعت بین سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۹۰ بوده است.

جین لیو[1] و همکاران (۲۰۱۸) به آنالیز انتشار (GHG_S) در کارخانجات صنعتی چین با روش LMDI پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که فاکتور فعالیت اصلی‌ترین محرک در افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و فاکتور شدت انرژی مؤثر در مهار کردن افزایش انتشار این گازها می‌باشد.

سویا کیم[2] (۲۰۱۷) طی مقاله‌ای تحت عنوان «تجزیه و تحلیل انرژی مصرفی کارخانجات کشور کره با استفاده از روش میانگین لگاریتمی شاخص دیویژیا (LMDI) طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۹۱» مورد بررسی قرارد داده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر فعالیت نقش عمده‌ای در افزایش مصرف انرژی داشته است. این در حالیست که اثرات ساختار و شدت انرژی به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند. اثر ساختار بیشتر از اثرات شدت نشان داده شده است. افزایش مصرف انرژی به دلیل تأثیر فعالیت بیشتر به ترتیب در صنعت نفت و صنایع شیمیایی است و به دنبال آن در صنایع اولیه فلزات غیر آهنی و صنایع فلزی ساخته شده است.

1. Jian Liu
2. Suyi Kim

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

مهدی فدایی و همکاران (۱۳۹۹) نیز طی تحقیقی با عنوان «شدت انرژی، ساختار مالکیت و تمرکز صنعتی در صنایع کارخانه‌ای ایران» با استفاده از برآوردگر رگرسیون به ظاهر نامرتبط به بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی کارگاه‌های صنعتی ده نفر پرسنل و بیشتر در ایران پرداخته و دو گروه صنایع انرژی‌بر و صنایع غیرانرژی‌بر با هم مقایسه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد، در حالی که قیمت انرژی اثر معکوس بر شدت انرژی در هر دو گروه صنایع دارد. اثرگذاری افزایش قیمت انرژی برکاهش شدت انرژی در صنایع انرژی به مراتب بیشتر است. ساختار مالکیت و تمرکز صنعتی نیز رابطه معکوس با شدت انرژی صنعت دارد.

موسویان و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی مخارج دولت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را بر شدت انرژی صنایع کارخانه‌ای بررسی نمودند. آن‌ها با استفاده از داده‌های تابلویی، شدت انرژی صنایع به تفکیک ۲۸ استان کشور طی دوره ۱۳۹۳ – ۱۳۷۹ را مورد بررسی قرار دادند. برای بررسی شدت انرژی، مدل دوربین فضایی مورد استفاده قرار گرفت. آن‌ها پس از اجرای مدل دریافتند که قیمت انرژی، مخارج عمرانی دولت و سهم مالکیت خصوصی، تأثیر منفی بر شدت انرژی داشته‌اند. این درحالیست که، نسبت صادرات به ارزش افزوده و نسبت سرمایه به نیروی کار تأثیر مثبتی بر شدت انرژی داشته است.

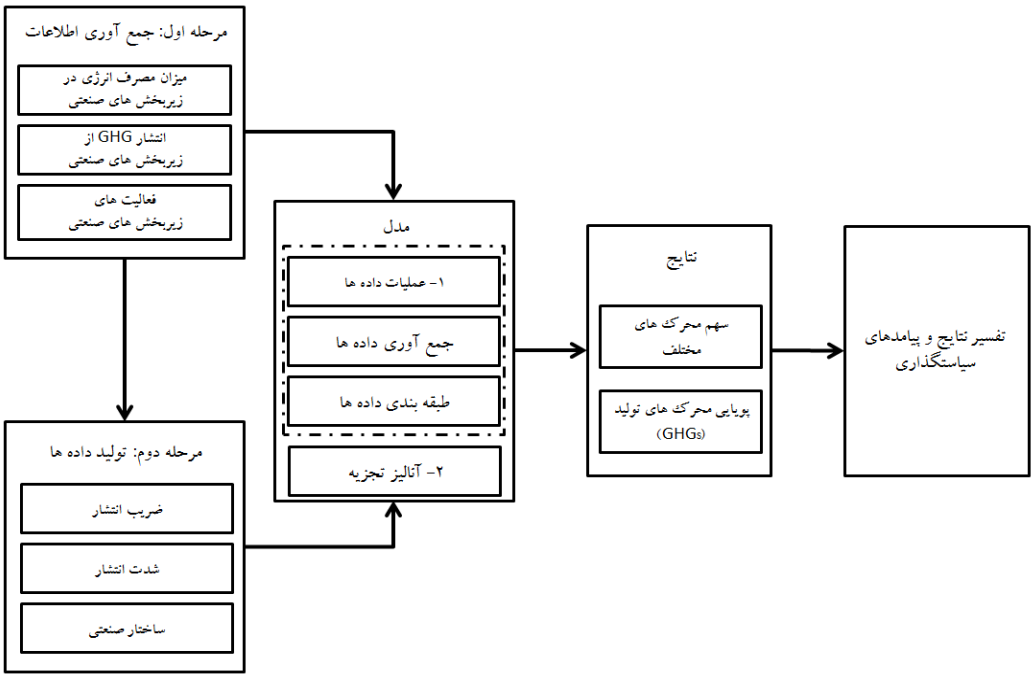
فیروز فلاحی و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای روابط مصرف انرژی و رشد اقتصادی در اقتصاد ایران را با استفاده از تبدیل موجک پیوسته، بررسی نموده است. نتایج نشان دهنده آن است که مصرف انرژی تنها در افق کوتاه مدت و در ابتدای دهه ۱۳۷۰ محرک رشد اقتصادی بوده و در بلند مدت رابطه معنی‌دار میان دو متغیر وجود ندارد. از این رو، پیگیری سیاست‌های کاهش مصرف انرژی و صیانت از منابع طبیعی در بلند مدت صدمه‌ای به رشد تولید ناخالص داخلی وارد نمی‌کند.

۴- روش تحقیق

نخستین گام در تجزیه و تحلیل میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش صنایع یک کشور، شناخت عوامل مؤثر و محرک‌های انتشار می‌باشد. به منظور تحلیل دقیق انتشار (GHG_S) بخش کارخانجات صنعتی، در این مطالعه از روش تجزیه LMDI جمع‌پذیری در قالب تکامل یافته‌تر نسبت به مطالعات قبلی استفاده شده است. همانگونه که پیش‌تر اشاره شد، این مطالعه به تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار (GHG_S) در صنایع ایران در سطح

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

کدهای دورقمی ISIC[1] طی دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۷۸ می‌پردازد. با توجه به مطالعات انجام شده داخلی و خارجی و فاکتورهای مورد استفاده در این مطالعه‌ها به طور عمومی و مشترک از ۵ محرک اصلی، سطح فعالیت، ساختار صنعتی، شدت انرژی، ترکیب سوخت و ضریب انتشار برای تجزیه (GHG_S) استفاده شده است. داده‌های این پژوهش در دوره زمانی ۱۳۹۸ – ۱۳۷۸ به طور سالانه را در بر می‌گیرد و سال ۱۳۷۸ را سال پایه قرار می‌دهد. داده‌های تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی و انتشار (GHG_S) به ترتیب از اداره مالی بانک مرکزی، ترازنامه انرژی وزارت نیرو و ترازنامه هیدروکربوری سال ۱۳۹۸ مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی وزارت نفت استفاده شده است. در شکل شماره ۱ نمای کلی چارچوب مدل سازی ارائه شده است. مصرف انرژی یک صنعت به طور عمده توسط تغییرات در شدت انرژی و سطح تولید مشخص می‌شود. این محرک‌ها همراه با تغییر در ساختار بخش صنعت (به عنوان مثال، سهم هر صنعت در کل کارخانجات صنایع)، برمصرف کل انرژی صنعتی تأثیرگذار می‌باشد.

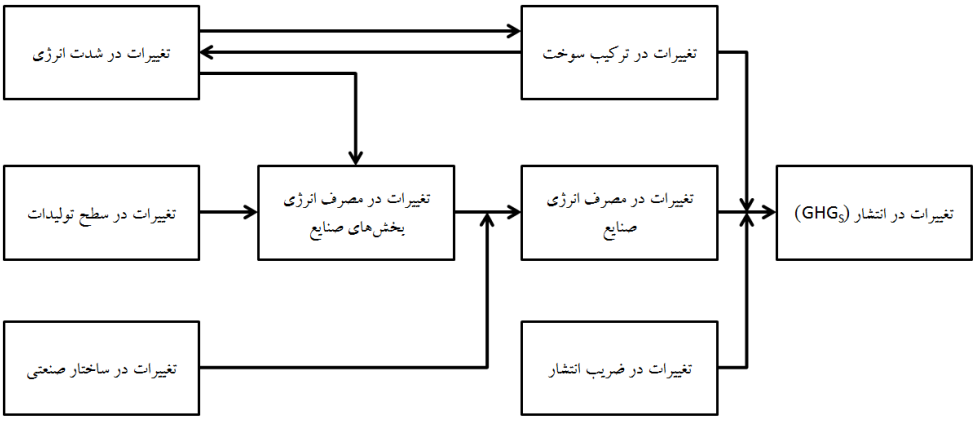


شکل ۱. فاکتورهای مؤثر بر انتشار کلی گازهای گلخانه‌ای از بخش صنایع (Talaei, A, 2019)

1. International Standard Industrial Classification

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

علاوه براین، به دلیل تفاوت در مقدار گرمایش سوخت‌های مختلف، ترکیب سوخت به طور مستقیم بر مصرف کل انرژی تأثیر می‌گذارد که در شکل شماره ۲ شماتیک ساده ارتباط بین محرک‌ها برای ایجاد تغییر در انتشار (GHG_S) آورده شده است. همانگونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، بطور کلی انرژی در صنایع انرژی‌بر توسط تغییرات در شدت انرژی، فعالیت و تغییرات در سهم تولید مشخص می‌شود.



شکل ۲. چارچوب مدل تحقیق (Talaei, A, 2019)

این محرک‌ها همراه با تغییر در ساختار بخش صنعتی بر مصرف کل انرژی تأثیرگذار است. علاوه براین، به دلیل تفاوت در مقدار گرمایش سوخت‌های مختلف، ترکیب سوخت به طور غیرمستقیم بر مصرف کلی انرژی تأثیر می‌گذارد. به طور کلی انتشارات کل (GHG_S) در بخش‌های صنعتی را می‌توان در معادله ۱ توضیح داد (Ang 2005).

$$C = \sum_{ij} C_{ij} = \sum_{ij} AC \frac{AC_i}{AC} \frac{E_i}{AC_i} \frac{E_{ij}}{E_i} \frac{C_{ij}}{E_{ij}} = AC * ST_i * EI_i * EM_{ij} * EF_{ij}$$

معادله (۱)

که در آن C کل انتشار (GHG_S) بدست آمده از کل بخش صنعت، C_{ij} انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش i است، ST_i یا $\frac{AC_i}{AC}$ نشان دهنده ساختار بخش صنعتی است، EI_i یا $\frac{E_i}{AC_i}$، شدت انرژی صنعت i که منعکس کننده کل انرژی مورد نیاز در هر واحد پولی است. FM_{ij} یا $\frac{E_{ij}}{E_i}$، ترکیب سوخت صنعت i که سهم سوخت j در مجموع سبد

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

سوخت‌های مصرف شده در صنعت i را نشان می‌دهد. EF_{ij} یا $\frac{C_{ij}}{E_{ij}}$، شدت انتشار (GHG_S) به عنوان انتشار در واحد انرژی مصرفی j مصرف شده در صنعت i، به دلیل تنوع تولیدات صنعتی و حفظ ثبات، برای هماهنگی تولید، خروجی اقتصادی صنعت به عنوان شاخص فعالیت استفاده می‌شود (Worrell et al., 1997). در این مطالعه، تولید ناخالص داخلی (GDP) به عنوان تولید در نظر گرفته شده است. بنابراین، ساختار بخش صنعت با در نظر گرفتن سهم هر صنعت از کل تولید صنعتی تعیین می‌شود. شدت انرژی، کل انرژی مورد نیاز در هر واحد پول خروجی را نشان می‌دهد و عامل انتشار، مقدار انتشار (GHG_S) در واحد مصرف انرژی آن سوخت را نشان می‌دهد. معادله ۲ تابع مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل را بیان می‌کند.

$$\Delta C_{Tot} = C^T - C^0 = \Delta C_{AC} + \Delta C_{ST} + \Delta C_{ET} + \Delta C_{FM} + \Delta C_{EF}$$ معادله (۲)

در معادله ۲، ΔC تغییر کلی در تولید گازهای گلخانه‌ای صنعت، بین سال پایه 0 و پایان دوره T است. سهم فعالیت‌های صنعتی، ساختار صنعت، شدت انرژی، ترکیب سوخت و ضریب انتشار به ترتیب ΔC_{EF}، ΔC_{ST}، ΔC_{EI}، ΔC_{FM} و ΔC_{EF} نشان داده می‌شود. معادله ۲ به معادله‌های ۳ تا ۷ تقسیم می‌شود تا نحوه محاسبه هر عامل نشان داده شود (Ang, 2005).

$$\Delta C_{AC} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}^T - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^T - \ln C_{ij}^0} \ln \frac{AC^T}{AC^0}$$ معادله (۳)

$$\Delta C_{ST} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}^T - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^T - \ln C_{ij}^0} \ln \frac{ST_i^T}{ST_i^0}$$ معادله (۴)

$$\Delta C_{EI} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}^T - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^T - \ln C_{ij}^0} \ln \frac{EI_{ij}^T}{EI_{ij}^0}$$ معادله (۵)

$$\Delta C_{FM} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}^T - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^T - \ln C_{ij}^0} \ln \frac{FM_{ij}^T}{FM_{ij}^0}$$ معادله (۶)

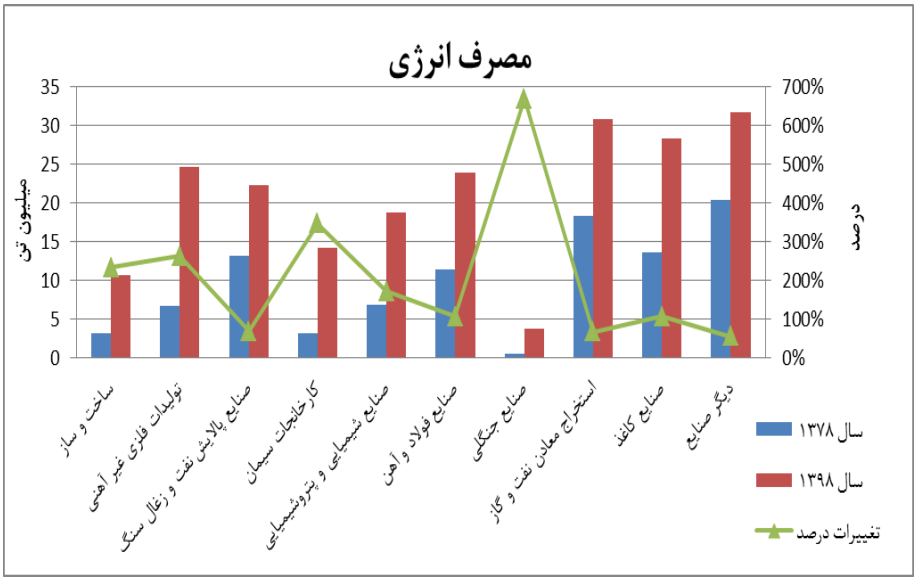
$$\Delta C_{EF} = \sum_{ij} \frac{C_{ij}^T - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^T - \ln C_{ij}^0} \ln \frac{EF_{ij}^T}{EF_{ij}^0}$$ معادله (۷)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

i و j در معادله‌های فوق به صنایع (i) و نوع سوخت (j) اشاره دارد. یکی از مشکلاتی که در اکثر مطالعات مربوط به تجزیه عوامل با استفاده از روش LMDI با آن برخورد می‌شود، مشکل وجود مقدار صفر در داده‌ها می‌باشد. از آنجا که صفر در دامنه توابع لگاریتمی تعریف نشده است، از این رو، وجود عدد صفر در داده‌ها به مبهم شدن نتایج منجر می‌گردد. برای برطرف کردن این مشکل از مقادیر کوچک (SV)(مثلاً بجای صفر از $S=10^{-100}$ استفاده شده است)(انگ و لیو، ۲۰۰۷)

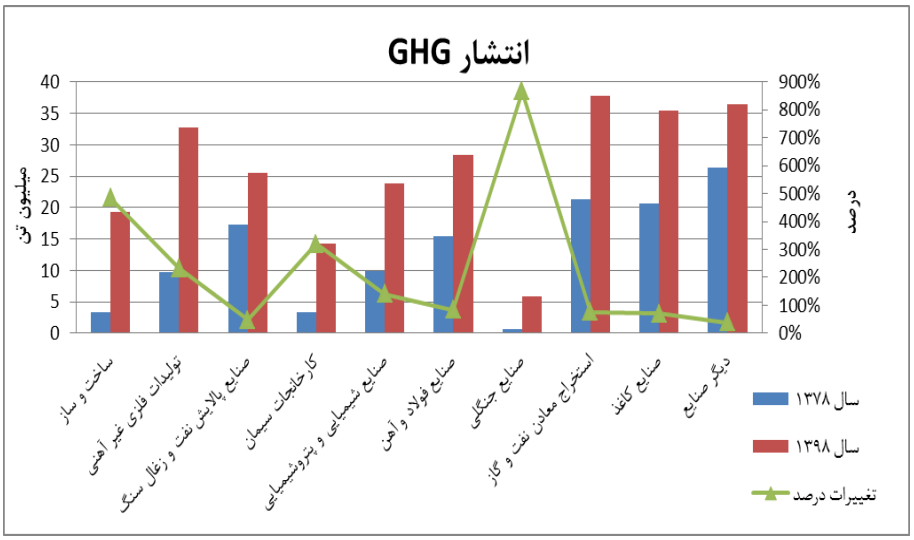
۵- نتایج

روند انتشار گازهای گلخانه‌ای و نرخ رشد آن در صنایع کارخانجات تولیدی ایران در شکل شماره ۳ و ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۷۸ انتشار گازهای گلخانه‌ای به طور پیوسته سیر صعودی داشته است. میزان این انتشارها ۱۱۰ درصد یعنی از ۱۳۱/۶۵ میلیون تن در سال ۱۳۷۸ به ۲۷۷/۷۳ میلیون تن در سال ۱۳۹۸ افزایش داشته است.



شکل ۳. میزان مصرف انرژی زیربخش‌های مختلف صنایع (یافته‌های تحقیق)

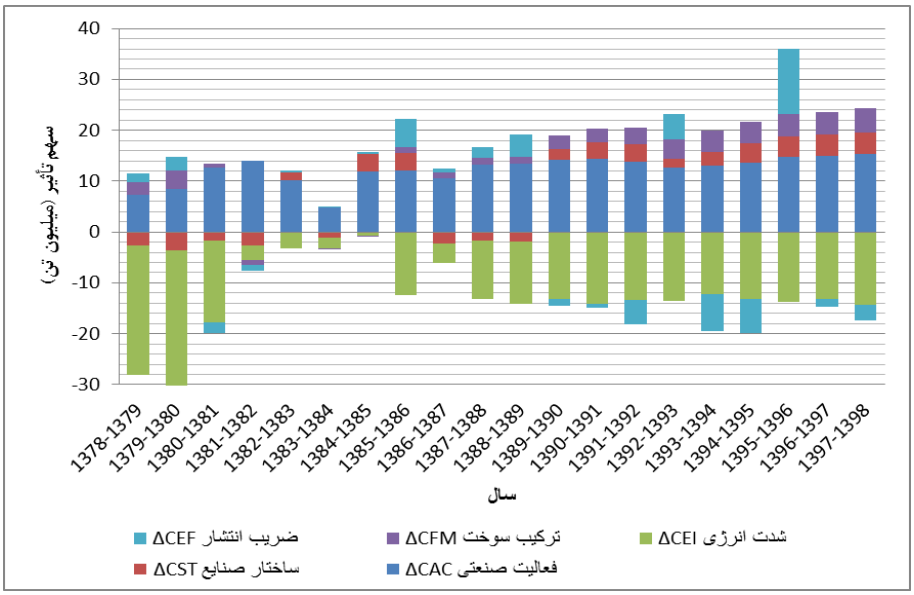
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]



شکل ۴. میزان انتشار (GHG) زیربخش‌های مختلف صنایع (یافته‌های تحقیق)

نرخ رشد متوسط انتشار، ۴/۱۸ درصد و بیشترین انتشاردر سال ۱۳۹۰ به میزان ۱۰/۴ درصد و کمترین میزان انتشار ۰/۶۴ درصد در سال ۱۳۹۴ بوده است. همچنین بیشترین مصرف انرژی در سال ۱۳۹۸ مربوط به استخراج معادن، نفت و گاز، صنایع کاغذ، تولیدات غیر آهنی و صنایع پالایش نفت و زغال‌سنگ می‌باشد. که به ترتیب ۳۰/۸۹، ۲۸/۴۰، ۲۴/۷۰ و ۲۲/۴۰ میلیون تن بوده است که حدود ۶۰ درصد کل مصرف انرژی در بخش صنایع را شامل می‌شود. هرچند نسبت مصرف انرژی صنایع جنگلی ۳/۸۵ درصد بوده اما افزایش آن برابر ۶۷۰ درصد و انتشار گازهای گلخانه‌ای در این بخش ۵/۸ میلیون تن و درصد تغییرات آن ۸۶۷ درصد یعنی بیشترین رشد تغییرات را داشته است. در شکل (۵) درصد تجمیعی انتشارات گازهای گلخانه‌ای در زیربخش‌های صنایع نشان داده شده است.

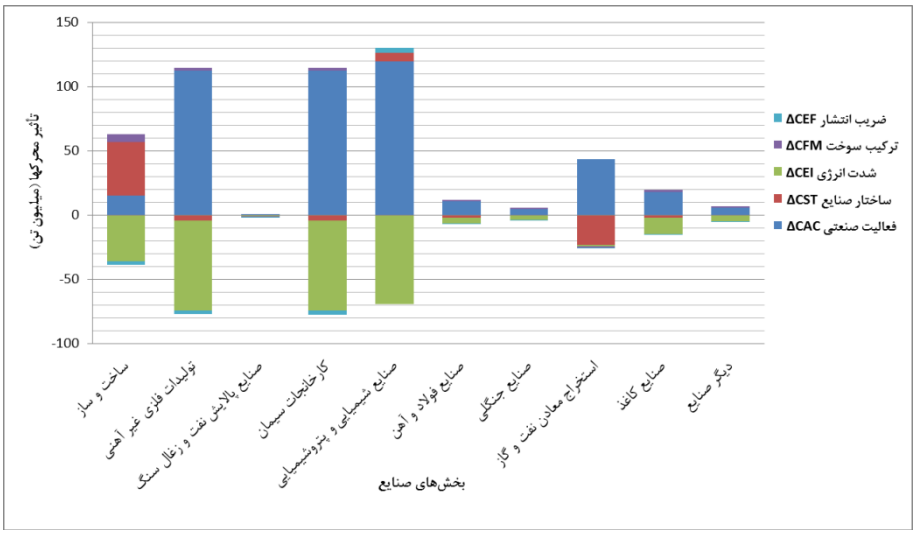
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]



شکل ۵. سهم تأثیر محرک‌های انتشار GHG (CO_2eq) در سال‌های مورد مطالعه (میلیون تن) (یافته‌های تحقیق)

نتایج تجزیه محرک‌ها نشان داد که در طول مدت بررسی (۱۳۹۸-۱۳۷۸) انتشارات صنایع کارخانجات تولیدی به میزان ۸۰/۰۳ میلیون تن افزایش داشته است. در این فاکتورها، محرک‌های مثبت انتشارات گازهای گلخانه‌ای شامل فعالیت صنعتی، ساختار صنعتی، ترکیب سوخت و ضریب شدت به ترتیب ۲۴۴/۹، ۲۰/۵۱، ۴۵/۳۰ و ۷/۱۷ میلیون تن بوده که نشان دهنده رشد اقتصادی صنایع کارخانجات تولیدی می‌باشد. فاکتور شدت انرژی و ضریب انتشار محرک‌های منفی انتشار می‌باشند. در شکل (۶) نتایج تجزیه گازهای گلخانه‌ای به روش LMDI در زیربخش‌های صنایع آورده شده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]



شکل ۶. نتایج تجزیه گازهای گلخانه‌ای (CO_2eq) به روش جمعی LMDI در زیربخش‌های صنایع، طی دوره مطالعه (۱۳۹۸-۱۳۷۸) به میلیون تن (یافته‌های تحقیق)

همانگونه که در شکل (۶) نشان داده شده، بیشتربن تغییرات کل انتشار، مربوط به صنایع شیمیایی و پتروشیمیایی، کارخانجات سیمان و صنایع ساخت و ساز به ترتیب ۶۰/۳۸، ۳۷/۹ و ۲۴/۲ میلیون تن بوده است. همچنین که نأثیر فعالیت صنعتی، محرک اصلی افزایش و تأثیر شدت انرژی عامل اصلی مهار کننده افزایش انتشار می‌باشد.

هدف از انجام این پژوهش انجام یک تحلیل تجزیه برای ارزیابی عوامل فنی و اقتصادی است که سهم مهمی در تغییرات انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش‌های صنایع کارخانجات ایران دارند. همچنین هدف این مقاله نیز ارزیابی تأثیرات سیاست هر یک از عوامل کلیدی در استراتژی‌های کاهش تغییرات اقلیم در ایران است. در مطالعه حاضر سعی شده است که به تحلیل تاریخی علمی (GHG_S) صنعتی ایران کمک‌های جدیدی ارائه گردد. عدم تمرکز بر زیربخش‌های صنعتی منتخب، چارچوب زمانی محدود و عدم شناسایی تغییرات در بخش‌های از جمله این کمبودها بوده که به آن‌ها پرداخته شده است. در این مطالعه از روش میانگین لگاریتمی شاخص دیویژیا برای تجزیه انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش صنایع کارخانجات تولیدی به فاکتورهای محرک انتشار استفاده شده است. این مطالعه شامل طیف وسیعی از کارخانجات صنعتی تولیدی می‌باشد

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

(کارخانجات تولیدی و غیرتولیدی). فعالیت صنعتی، ساختار صنعتی، شدت انرژی، ترکیب سوخت و فاکتورهای انتشار (GHG_S) به عنوان محرک‌های اصلی انتشار در نظر گرفته شده است. از نظر وسعت بررسی، تمامی زیربخش‌های مهم صنعتی در تحلیل موضوع مورد توجه واقع شده است. برخلاف مطالعات قبلی، این مطالعه تغییرات تاریخی هر یک از عوامل را بین سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۷۸ مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و چگونگی تأثیر تغییرات عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنایع را بررسی نموده است. نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد که بیشترین سهم افزایش انتشار در طول دوره مطالعه، مربوط به محرک سطح فعالیت صنعتی می‌باشد. اثرات سطح فعالیت بر روند انتشار از ۱۵/۲۵ میلیون تن در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۷۸ متغیر بوده است. تغییرات در ساختار صنایع تولیدی ناشی از ارتقاء عوامل تولید برق به طور مستقیم و غیرمستقیم به کاهش گازهای گلخانه‌ای در بخش صنایع کمک نموده است. تأثیر تغییرات سوخت و افزایش سهم سوخت‌های کم کربن از ۲/۵۴ میلیون تن در سال ۱۳۷۸ تا ۴۵/۳ میلیون تن در سال ۱۳۹۸ متغیر بوده است. علیرغم بهبود شدت انرژی فرآیندی در چندین بخش صنعتی، شدت انرژی اقتصادی این بخش‌ها بدتر شده است. از منظر سیاست‌گذاری، این مطالعه نشان می‌دهد که برای تحقق پتانسیل بهره‌وری انرژی در بخش‌های صنعتی ایران، استانداردها و مقررات الزام‌آور بهره‌وری انرژی مورد نیاز می‌باشد.در حالی که استانداردها و معیارهای خاصی برای صنایع، جهت تدوین مقررات مؤثر بهره‌وری انرژی ضروری است. مشوق‌های مالی نیز به تسریع اتخاذ اقدامات لازم بهره‌وری انرژی در بخش صنایع می‌تواند مؤثر باشد.

۶- پیشنهادات

با ترویج صرفه‌جویی در انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان، نسبت انرژی‌های تجدیدپذیر در حال بهبود است. با توجه به محدودیت‌های موجود در طول بررسی در این مقاله، تنها انتشار گازهای گلخانه‌ای صنایع تولیدی با توجه به استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر، عمدتاً مبنی بر انرژی‌های فسیلی ارائه شده است و تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشارات (GHG_S) ارائه نشده است. این بخش می‌تواند موضوعه تحقیقات بعدی باشد. بر اساس نتایج تحقیق، اثر محرک فعالیت، مهمترین فاکتوری است که باعث افزایش انتشار (GHG_S) در صنایع تولیدی شده است. بنابراین

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

ضروری است با حفظ نیاز توسعه اقتصادی کشور به صرفه‌جویی در انرژی و کاهش انتشار (GHG_S) در صنایع، مانند ذوب و نورد فلزات آهنی، مواد خام محصولات شیمیایی و مواد معدنی غیرفلزی اولویت داده شود. همچنین با توسعه یک سری از استانداردهای انتشار و استانداردهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، می‌توانیم فرآیند تولید را به روز نموده و شدت مصرف انرژی را برای دستیابی به اهداف تعهدات بین‌المللی افزایش مصرف انرژی و انتشار کربن را کاهش دهیم. علاوه براین، می‌بایست برای توسعه صنایع تولیدی جدید با مصرف انرژی کم و راندمان بالا، ارتقاء ساختار واحدهای صنعتی و بهبود سطح توسعه اقتصادی صنایع تولید تلاش نمود. پیشرفت تکنولوژی یک راه مؤثر برای کاهش انتشار (GHG_S) در صنایع تولیدی می‌باشد. نتایج نشان داد که عوامل نوآوری تحقیق و توسعه نقش مهمی در کاهش انتشار (GHG_S) دارد. بنابراین می‌بایست در تدوین سیاست‌ها و اقدامات تسریع بعمل آید. در پایان فناوری‌های انرژی پاک، می‌بایست به شدت توسعه یابد و ساختار مصرف انرژی، واحدهای صنعتی که عمدتاً از زغال‌سنگ، نفت و سایر انواع انرژی‌های فسیلی را تشکیل می‌دهد باید تغییر کند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اثر ساختار انرژی تأثیر ضعیفی برکاهش (GHG_S) دارد. از آنجایی که مصرف انرژی برق عمدتاً انرژی حرارتی بوده و انتشار غیرمستقیم (GHG_S) ناشی از تولید برق حرارتی بسیار زیاد است، بنابراین توسعه فناوری‌های انرژی پاک، مانند نیروگاه آبی، تولید و تغییر ساختار مصرف انرژی ضروری می‌باشد. اقزایش بهره‌وری، سرمایه‌گذاری در صنایع انرژی کم کربن، عدم صادرات کالاهایی که مصرف انرژی آن‌ها بالا می‌باشد، تولید برق از منابع تجدیدپذیر، کاهش نرخ تعرفه‌ها جهت ورود ماشین‌آلات و تجهیزات جدید، مهار و ذخیره گازهای گلخانه‌ای از دیگر راهکارهای جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

منابع:

- بهبودی، داود، فلاحی، فیروز، برقی گلعذانی، اسماعیل (۱۳۸۹) عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر انتشار سرانه دی اکسید کربن در ایران (۱۳۸۳-۱۳۴۶).
- پورعبادالهان کویچ، محسن و همکاران (۱۳۹۴) تجزیه عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی دی‌اکسیدکربن در محصولات کانی غیرفلزی، فصل‌نامه علمی-پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۴(۱۶):۴۳-۵۷.
- توکلی، آزاده (۱۳۹۸)، تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHGS) و پتانسیل کاهش انتشار در ایران، فصل‌نامه مطالعات اقتصادی انرژی ۱۵ (۶۰) : ۱۰۵-۷۷.
- فدائی، مهدی، ویسی, َشهلا (۲۰۲۱)، شدت انرژی، ساختار مالکیت و تمرکز صنعتی در صنایع کارخانه‌ای ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی, ۱۷(۶۹), 222-197.pp.
- فطرس، محمدحسن و براتی، جواد (۱۳۹۰) تجزیه انتشار دی‌اکسیدکربن از مصرف انرژی به بخش‌های اقتصادی ایران، فصلنامه تحقیقات مدل سازی، شماره ۱:۱۳۵-۱۵۳.
- قلی‌زاده، علی اکبر، براتی، جواد ۱۳۹۰، تحلیل عوامل مؤثر بر مصرف انرژی خانگی و برق مصرفی خانوار در ایران: با تأکید بر بهره‌وری انرژی، فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، شماره‌های ۲۵ و ۲۶، تابستان و بهار ۱۳۹۰، صفحات ۱۴۵ – ۱۶۷
- علیشیری، هدیه، محمدخانلی، شهرزاد، محمدباقری، اعظم (۱۳۹۴) مطالعه عوامل مؤثر بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشور (با رویکرد تحلیل تجزیه لاسپیرز اصلاح شده)، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره هجدهم، شماره ۲، تابستان ۹۶
- کفایی، سید محمدعلی. نژادآقائیان وش، پریا (۱۳۹۵) شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی انرژی بخشی در اقتصاد ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی / سال سیزدهم / شماره ۵۲ / بهار ۱۳۹۶ / صفحات ۳۴-۱
- موسویان، سید مهدی، کریمی تکانلو، زهرا، صادقی, سید کمال و پورعبادالهان کویچ، محسن (۲۰۱۸) بررسی اثر مخارج دولت و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای استان‌های ایران: رویکرد اقتصادسنجی فضایی پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ۷, شماره ۸ صفحات ۱۸۴-۱۵۷.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

- Akbostancı, E., Tunç, G.İ. and Türüt-Aşık, S., 2011. CO2 emissions of Turkish manufacturing industry: a decomposition analysis. Applied Energy, 88(6), pp.2273-2278.
- Ang, B.W. and Liu, N., 2007. Handling zero values in the logarithmic mean Divisia index decomposition approach. Energy Policy, 35(1), pp.238-246.
- Ang, B.W., 2005. The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. Energy policy, 33(7), pp.867-871.
- Ardakani, S.R., Hossein, S.M. and Aslani, A., 2018. Statistical approaches to forecasting domestic energy consumption and assessing determinants: The case of Nordic countries. Strategic Planning for Energy and the Environment, 38(1), pp.26-71.
- Bistline, J.E. and Rai, V., 2010. The role of carbon capture technologies in greenhouse gas emissions-reduction models: A parametric study for the US power sector. Energy policy, 38(2), pp.1177-1191.
- Ding, Z., Li, K., Zhu, H., Zhou, W., Liu, J. and Bai, Z., 2020, June. Decomposition Analysis of CO2 Emission in China's Electric Power Industry. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1549, No. 2, p. 022023). IOP Publishing.
- Fischedick, M., Roy, J., Acquaye, A., Allwood, J., Ceron, J.P., Geng, Y., Kheshgi, H., Lanza, A., Perczyk, D., Price, L. and Santalla, E., 2014. Industry In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Technical Report.
- He, L., Zhong, Z., Yin, F., & Wang, D. (2018). Impact of energy consumption on air quality in Jiangsu Province of China. Sustainability, 10(1), 94.
- Hosseini, S.M., Saifoddin, A., Shirmohammadi, R. and Aslani, A., 2019. Forecasting of CO2 emissions in Iran based on time series and regression analysis. Energy Reports, 5, pp.619-631.
- Kim, S., 2017. LMDI decomposition analysis of energy consumption in the Korean manufacturing sector. Sustainability, 9(2), p.202.
- Liu, J., Yang, Q., Zhang, Y., Sun, W. and Xu, Y., 2019. Analysis of CO2 emissions in China's manufacturing industry based on extended logarithmic mean division index decomposition.
- Razmjoo, A. and Davarpanah, A., 2019. Developing various hybrid energy systems for residential application as an appropriate and reliable way to achieve energy sustainability. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 41(10), pp.1180-1193.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

- Sanchez, L.F. and Stern, D.I., 2016. Drivers of industrial and non-industrial greenhouse gas emissions. Ecological Economics, 124, pp.17-24.
- Shirmohammadi, R., Soltanieh, M. and Romeo, L.M., 2018. Thermoeconomic analysis and optimization of post-combustion CO2 recovery unit utilizing absorption refrigeration system for a natural-gas-fired power plant. Environmental Progress & Sustainable Energy, 37(3), pp.1075-1084.
- Sustainability, 11(1), p.226. Millar, R.J., et al., (20017), “emission budgets and pathways consist with limiting worming to 1.5oC.” Nature Geoscience 10(10): 7410
- Talaei, A., Gemechu, E. and Kumar, A., 2020. Key factors affecting greenhouse gas emissions in the Canadian industrial sector: A decomposition analysis. Journal of Cleaner Production, 246, p.119026.
- Talaei, A., 2019. Assessment of energy efficiency improvement opportunities and the long-term potential for greenhouse gas mitigation in industrial sector.
- United Nations Environment Programme: Annual Report 2015, https://www.unep.org/resources/annual-report/united-nations-environment-programme-annual-report-2015 .
- World Bank, 2019, Energy use (Kg of oil equivalent per capita). The World Bank group
- Worrell, E., Price, L., Martin, N., Farla, J. and Schaeffer, R., 1997. Energy intensity in the iron and steel industry: a comparison of physical and economic indicators. Energy policy, 25(7-9), pp.727-744.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]

Analysis of Greenhouse Gas Emission to Effective Stimuli in Iran's Manufacturing Sector, Using LMDI Method, During the Years 1378 to 1398

Ali Ahmad Yarmohammadi [1]
PHD. Candidate, Department of Environmental Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, ahmadym269@yahoo.com

Reza Arjmandi
Assist. Professor, Department of Environmental Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, hrezaarjmandi@gmail.com

Nabi-allah Mansouri
M Assist. Professor, Department of Environmental Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, nmansourin@gmail.com

Farzam Babaei
Assist. Professor, Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran, farzam.babaie@gmail.com

Received: 2022/03/09 Accepted: 2022/06/15

Abstract

Greenhouse gas (GHG) emission due to the fossil fuels combustion in the world's manufacturing industries with a share of 30% of emission is considered as one of the important potentials for GHG emission reduction. In this study, using the logarithmic mean of Division index (LMDI) method, in combination with Kaya model, the factors affecting the emissions of Iranian manufacturing industries, including activity factors, industry structure, energy intensity, fuel composition and emission coefficient during the years 1378 to 1398 is identified and studied. According to the results, the effects of the level of industrial activity is the most important drivers for emissions in the industries of manufacturing factories, so that the amount of emissions has increased from 33.22 million tons in 1378 to 67.35 million tons in 1398. The drivers of the industrial structure acted in the opposite direction and decreased from -3.85 million tons in 1999 to -29.73 million tons. Also, greenhouse gas emission in chemical and petrochemical industries, cement factories and non-ferrous metal products increased by 60.38, 55.29 and 37.9 million tons, respectively. Changes in greenhouse gas emission in the oil and coal refining industries have also been almost constant during the period of this study.

JEL Classification: Q51, Q52, Q54, Q56.

Keywords: Climate change, Greenhouse gases, Emission in industries, Index analysis method, LMDI method.

1. Corresponding Author

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-06-17]