

# الزامات ایران برای ایجاد مدل متوازن توسعه منطقه‌ای در راستای تحقق اهداف بین‌المللی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHGs)

مجید شفیعی‌پور مطلق<sup>۱</sup>، آزاده توکلی<sup>۲</sup>

## چکیده

تغییر آب و هوا و پیامدهای ناشی از آن در دهه‌های آتی زندگی بشر را دستخوش تحولات عظیمی خواهد کرد. این مسئله باعث شده است جامعه جهانی ارزیابی، پیگیری و راهکارهای کنترل را در راس اقدامات خود قرار دهد. کشور ایران در سال ۲۰۱۵ در جایگاه نهم جهان از منظر انتشار گازهای گلخانه‌ای قرار گرفت و در جریان نشست پاریس متعهد به کاهش ۴ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۳۰ نسبت به وضع موجود شد که در صورت تامین حمایت‌های مالی و فنی جامع و انتقال فناوری از جانب جامعه بین‌المللی سطح کاهش تا ۱۲ درصد قابل ارتقاء است.

با این رویکرد در پژوهش حاضر وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران طی دهه‌های گذشته مورد تحلیل قرار گرفته است. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران از روندی صعودی پیروی می‌کند و بخش‌های نیروگاهی، اداری-تجاری-خانگی و حمل‌ونقل در راس انتشار گازهای گلخانه‌ای قرار دارند. تحلیل محرک‌های موثر در انتشار با بازه زمانی درازمدت (۲۰۱۲-۱۹۷۱) نشان می‌دهد جمعیت با ضریب ۲/۹۴+، سرانه تولید ناخالص داخلی با ضریب ۱/۰۴+، شدت انرژی با ضریب ۰/۳۵- و شدت کربن با ضریب ۰/۶۹۴- در الگوی انتشار موثر هستند. ارزیابی الگوی توسعه و درآمدزایی از منظر انتشار گازهای گلخانه‌ای موید آن است که بخش عمده‌ای از سوخت در صنایعی صرف می‌شود که از نظر اقتصادی کمترین بازدهی را دارند. همچنین، صنایع خرد (با کمتر از ۱۰ نفر شاغل)، علیرغم مصرف بالای انرژی از نظر درآمدزایی توان رقابت با صنایع بزرگ را ندارند. نگاهی از منظر عدالت و توزیع متوازن امکانات، محرک‌ها و مسئولیت‌ها در میان استان‌های کشور از ساختاری نامتعادل و دور از عدالت حکایت می‌کند.

تحقق اهداف بین‌المللی کاهش جز در سایه شناخت کافی از وضع موجود و رفع معضلات پیش‌رو امکان‌پذیر نیست و مجموعه این تحلیل‌ها می‌تواند در شناسایی معضلات پیش‌رو و تبیین ساختاری منسجم، پایدار و مبتنی بر عدالت مورد استفاده قرار گیرد.

## واژگان کلیدی

مدل متوازن، انتشار، گازهای گلخانه‌ای، محرک‌ها، درآمدزایی، عدالت، ایران

## جستارگشایی

طی چند دهه اخیر، به واسطه افزایش نرخ بلایای طبیعی و تغییرات شدید محیطی، پدیده گرمایش جهانی در اثر تغییر آب و هوا و پیامدهای ناشی از آن به یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی جهان تبدیل و موجب نگرانی و جلب توجه جدی جوامع بین‌المللی شده است. تنها راه حل منطقی جهت مواجهه و به حداقل رساندن تاثیرات منفی این پدیده را می‌توان در واکنش سریع جامعه جهانی نسبت به کاهش یا رفع عوامل ایجاد و تشدیدکننده این معضل جستجو کرد.

شواهد و اطلاعات علمی موجود نشان می‌دهد ( Seneviratne, Nicholls et al., 2012: 109-230; Rogelj, 2013; Rom, Evans et al., 2013: 3-4; IPCC, 2014; Trnka, Rötter et al., 2014: 637-643; Stott, 2016: 1517-1518) که تغییر آب و هوا به واقع در حال رویداد است و این پدیده یکی از دلهره‌آورترین چالش‌های موجود در برابر توسعه پایدار و ارتقاء کیفیت زندگی انسان‌ها در قرن بیست و یکم است. افزایش غلظت برخی گازها و ترکیبات موجود در جو موسوم به گازهای گلخانه‌ای (Greenhouse Gases /GHG) و پیامدهای ناشی از آن دلیل عمده این پدیده شناخته شده است. در میان گازها و ترکیباتی که به تشدید تغییر آب و هوا و گرمایش جهانی دامن می‌زنند، دی‌اکسیدکربن ( $CO_2$ ) به‌عنوان فراوان و بحرانی‌ترین عامل شناخته شده است و به‌عنوان مبنایی برای ارزیابی و همسان‌سازی دیگر گازها و ترکیبات دخیل در این پدیده اقلیمی مورد استناد قرار می‌گیرد (IPCC, 2006: 21). غلظت این گاز در جو از زمان انقلاب صنعتی در اروپا یعنی حدود سال ۱۸۵۰ به شدت افزایش یافته است به طوری که از رقم ۲۸۰ ppm در دوران پیش از انقلاب صنعتی (IPCC, 2001; Hughes, Baird et al., 2003: 929-933; Parmesan and Yohe, 2003: 37-42; Solomon, Qin et al., 2007) به رقم ۴۰۴/۳۹ ppm در جولای ۲۰۱۶ افزایش یافته است (NOAA, 2016). محققان بر این نکته توافق نظر دارند که فعالیت‌های انسانی علت اصلی افزایش غلظت این گازها در ترکیب جو است (Holtz-Eakin and Selden, 1995: 85-101; Etheridge, Steele et al., 1996: 4115-4128; Grabemann, Gaslikova et al., 2015: 5612; Midgley and Bond, 2015: 823-829). هیات بین‌الدولی تغییر آب و هوا (IPCC) / Intergovernmental Panel on Climate Change به‌عنوان مرجع رسمی رصد و تهیه گزارش‌های مستند بر مشاهدات علمی نیز در گزارش‌های چهارم و پنجم خود به نقش انکارناپذیر انسان‌ها در انتشار گازهای گلخانه‌ای، تشدید پدیده گرمایش جهانی و در پی آن افزایش دمای زمین اشاره می‌کند (IPCC, 2007; IPCC, 2013).

همزمان با افزایش نگرانی‌ها، معاهدات، پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های متعددی با هدف انعکاس افکار عمومی و تنظیم قراردادهای و تعهدات بین‌المللی برای بررسی و اجرای اقدامات تعدیلی این مساله تشکیل شده است. نقطه آغازین این تلاش‌ها در سال ۱۹۹۰، مجمع عمومی سازمان ملل متحد بود که کمیته مذاکرات بین‌الدول (INC)

را جهت تدوین چارچوب کنوانسیون سازمان ملل درباره تغییر آب و هوا (UNFCCC) تشکیل داد. آخرین تلاش جدی این حوزه نیز نشست اقلیمی پاریس (COP21) در دسامبر ۲۰۱۵ است که به‌عنوان اولین توافق‌نامه جهانی و الزام‌آور حقوقی در زمینه تغییر آب و هوا محسوب می‌شود که در ۱۲ دسامبر ۲۰۱۵ توسط ۱۹۵ کشور مورد پذیرش قرار گرفته است. نقطه عطف و ارزشمند این توافق‌نامه در مقایسه با تلاش‌های قبلی این است که در این سند نه تنها ۴۰ کشور توسعه‌یافته و صنعتی جهان، بلکه همه کشورهای جهان، اعم از توسعه‌یافته و یا در حال توسعه، از سال ۲۰۲۰ به بعد متعهد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تلاش در جهت بهبود این معضل جهانی منطبق بر اصل "مسئولیت مشترک، لیکن متفاوت" خواهند بود. اجزایی اصلی این توافق‌نامه در مسیر رو به جلو را می‌توان به شرح زیر بیان نمود (United Nations Environment Program, 2015):

✓ تعدیل انتشار گازهای گلخانه‌ای - کاهش سریع انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهت تحقق اهداف کنترل دمای زمین

✓ ایجاد سیستمی شفاف و مبتنی بر بازار جهانی - در راستای اقدامات کنترل گرمایش جهانی

✓ تطابق و سازگاری - تقویت توان کشورها در جهت مواجهه با پیامدهای تغییر آب و هوا

✓ حمایت و پشتیبانی - شامل تامین مالی برای ایجاد آینده‌ای پاک و منعطف.

پذیرش این قبیل تعهدات توسط کشورها تاثیر قابل توجهی بر برنامه‌های توسعه، هدف‌گذاری رشد اقتصادی و سرمایه‌گذاری‌ها خواهد داشت. این تاثیر برای کشورهای در حال توسعه به مراتب بیشتر و حتی می‌تواند آن‌ها را در صورت عدم بسترسازی لازم از مسیر توسعه پایدار و رشد مورد انتظار خارج کند. یکی دیگر از جنبه‌های اجرای توافق‌نامه پاریس را می‌توان تاثیر شگرف آن بر تقاضای سوخت‌های فسیلی به خصوص نفت، گاز و زغال‌سنگ دانست. با هدف کنترل و کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، انگیزه توسعه و سرمایه‌گذاری بر سوخت‌های پاک و تجدیدپذیر در میان کشورها و دولت‌های مصرف‌کننده افزایش و بازارهای عرضه سوخت‌های فسیلی بخشی از مشتریان خود را از دست خواهند داد. این مسئله برای کشورهای چینی، ایران، با اقتصادی متکی بر مصرف و صادرات زیاد نفت و گاز، به‌عنوان چالشی پیش‌رو باید مورد توجه قرار گیرد. رتبه بالای ایران (در فهرست ۱۰ کشور اول انتشاردهنده بزرگ جهان) از منظر انتشار گازهای گلخانه‌ای (هم در حوزه انرژی و هم در دیگر ابعاد) باعث شده است ایران در زمره اولین گروه‌های هدف در توافق‌نامه پاریس مورد توجه قرار گیرد و به‌ناچار باید میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را در بازه زمانی آتی متناسب با برنامه اهداف مورد نظر مشارکت ملی جمهوری اسلامی (INDC) کاهش دهد و این مسئله نیازمند بررسی‌ها و برنامه‌ریزی‌های دقیقی در این رابطه است. براساس برنامه پیشنهادی جمهوری اسلامی ایران در نشست پاریس، کشور ایران متعهد شده است میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را تا سال ۲۰۳۰، نسبت به وضعیت کنونی (BAU) به

میزان ۰.۴٪ کاهش دهد. به علاوه، در صورت تامین حمایت مالی ۳۵ میلیارد دلاری سطح کاهش تا ۱.۲٪ قابل ارتقاء خواهد بود (سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، ۱۳۹۴؛ UNFCCC, 2015). پذیرش و الحاق به این توافق‌نامه و پیگیری اهداف آن، نیازمند دیپلماسی قوی بین‌المللی جمهوری اسلامی در حوزه محیط‌زیست در انطباق با اصول ۷ و ۱۵ سیاست‌های کلی نظام در محیط‌زیست است (مجمع تشخیص مصلحت نظام، ۱۳۹۴/۰۸/۲۶)، به گونه‌ای که با حفظ منافع ملی به‌عنوان اولویت کشور، بتوان همسو با اهداف توسعه پایدار در مجال کوتاه باقی‌مانده طی عمر برنامه ششم توسعه (تا سال ۱۴۰۰ - انتهای ۲۰۲۰) امکان تحقق و دستیابی به اهداف کاهش در ضمن رشد اقتصادی مناسب را فراهم نمود. اکنون این سوال مطرح می‌شود که کشور ایران با هدف ایجاد آمادگی و حرکت در مسیر کاهش چه موارد یا بخش‌هایی را باید در اولویت بررسی قرار دهد و پاسخ به این سوال در گرو شناخت کافی از وضع موجود و شناسایی الگوهای ناهمگن در سطح کشور است.

با این رویکرد در پژوهش حاضر تلاش شده است به الگوی توسعه متوازن و منطقه‌ای در کشورمان ایران از منظر انتشار گازهای گلخانه‌ای برای سرمایه‌گذاری و ایجاد اشتغال پرداخته شده و تلاش شده برخی از نقاط نیازمند تامل و بازنگری در این حوزه را بازگو نماید.

#### ۱. موقعیت ایران

کشور ایران با دارا بودن مساحتی معادل ۱/۶۴۸ میلیون کیلومتر مربع در موقعیت جنوب غربی قاره آسیا، در منطقه‌ای موسوم به خاورمیانه واقع شده است. براساس آخرین سرشماری رسمی در ایران، سال ۱۳۹۰ کشور ایران با رشد سالیانه ۱/۳٪، جمعیتی بالغ بر ۷۵ میلیون نفر را در خود جای داده است و براساس آخرین آمار جهانی، ایران در جایگاه هفدهم جهان، نهم آسیا و اول خاورمیانه قرار دارد (United Nations, 2015). ایران از لحاظ آب و هوایی یکی از منحصر به فردترین کشورهای جهان محسوب می‌شود که در گوشه و کنار آن شرایط آب و هوایی مختلفی به چشم می‌خورد و جزء معدود کشورهایی است که چهار فصل در آن به خوبی نمایان و مشهود است. این مشخصه آب و هوایی یعنی چهار فصل بودن، نه تنها تحت تاثیر سامانه‌های پرفشار سیبری، سامانه باران‌زای مدیترانه‌ای و سیستم کم‌فشار جنوبی، بلکه به واسطه وجود کوه‌های بلند، دشت‌های پهناور، بیابان‌ها، رودخانه‌ها و دریاچه‌های مختلف ایجاد شده است. وجود اختلاف دما در ایران، یکی از بارزترین تفاوت‌های آب و هوایی این خطه با سایر نقاط جهان است و با مقایسه آب و هوای نقاط مختلف کشور می‌توان به خوبی به تنوع و اختلاف دما در این مناطق پی برد. میزان بارش‌ها نیز در ایران بسیار متغیر است. این رقم در شمال کشور به بیش از ۲۱۱۳ میلیمتر (رشت، ۱۳۸۳) و در نواحی کویری بارش بسیار کم و در حدود ۱۵ میلیمتر است. بارش در نواحی شمال غرب و غرب، دامنه‌های جنوبی البرز و شمال شرق تا حدودی قابل توجه (حدود ۵۰۰ میلیمتر) است. در سایر نقاط میزان بارش از ۲۰۰ میلیمتر بیشتر نمی‌شود. براساس میزان

بارش‌های جوی کشور ایران در منطقه نیمه‌خشک و خشک قرار می‌گیرد. به همین دلیل کشور ایران با مشکل کم‌آبی دست و پنجه نرم می‌کند و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ در وضعیت تنش آبی جدی قرار گیرد. همواره یکی از عمده‌ترین منابع درآمدهای بودجه دولت ایران از فروش و صادرات نفت و گاز به دست آمده که این مقدار در سال ۱۳۷۴ حدود ۶۴٪ کل درآمدهای دولت را تشکیل می‌داد. در سال ۲۰۱۴ تولید نفت خام ایران در حدود ۳۱۱۷ هزار بشکه در روز و تولید گاز نزدیک به ۲۴۴۵۵۱ میلیون مترمکعب گزارش شده است (شورای عالی انقلاب فرهنگی، ۱۳۹۴: ۱۱). با وجود نوسان‌های شدید قیمت جهانی نفت خام و کاهش نسبی ارزش آن، این ماده همچنان نقش اصلی خود را در ساختار اقتصادی کشور حفظ کرده و منبع اصلی درآمدهای ارزی و منشاء بسیاری از درآمدهای داخلی و خارجی کشور است. هرچند، اعمال تحریم‌های ظالمانه و غیرقانونی بین‌المللی و کاهش سرمایه‌گذاری در پروژه‌های نفت و گاز ایران باعث کاهش قابل توجهی در تولید این دو محصول شده است، به طوری که درآمدهای نفتی و گازی ایران از رقم ۱۱۳ میلیارد دلار در سال مالی ۱۳۹۰ به کمتر از ۶۰ میلیارد دلار در سال ۱۳۹۳ تنزل یافته است (شورای عالی انقلاب فرهنگی، ۱۳۹۴: ۱۱).

تولید ناخالص داخلی (GDP) از بخش‌های کشاورزی، صنعت و معدن، خدمات و نفت ترکیب یافته است و در طی سال‌های اخیر با هدف جلوگیری از وابستگی تام به درآمدهای ارزی ناشی از صادرات نفت خام و نیز به سبب موقعیت متزلزل نفت در بازارهای جهانی تلاش شده است سهم نفت در تولید ناخالص داخلی کشور کاهش و سهم بخش‌های صنعت و معدن و کشاورزی افزایش یابد. به طوری که به‌ویژه زیرگروه‌های آب، برق و گاز در بخش صنعت و معدن به پر رونق‌ترین شاخه اقتصادی کشور تبدیل شده است.

## ۲. چالش‌های پیش روی ایران در راستای تحقق اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

با وجود موقعیت ممتاز ایران از نقطه نظرات مختلف، متأسفانه در حوزه‌های محیط‌زیستی، بهره‌وری و مصرف انرژی در جایگاه مناسبی قرار نگرفته است. به‌عنوان مثال، کشور ایران در سال ۲۰۰۸ (۱۳۸۷) از نقطه‌نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش انرژی با سهم انتشاری معادل ۱/۸٪ در مقام نهم (CDIAC, 2009; IEA, 2012)، در سال ۲۰۰۹ (۱۳۸۸) در مقام هشتم (CDIAC, 2011) و در سال ۲۰۱۰ در مقام هفتم جهان (CDIAC, 2011) قرار گرفته است.

بر طبق ارزیابی سال ۲۰۱۵، ده کشور اول در انتشار گازهای گلخانه‌ای و سهم هر یک از انتشارهای جهانی (برحسب درصد) شامل چین (۲۸/۰۳)، ایالات متحده آمریکا (۱۵/۹)، هند (۵/۸۱)، فدراسیون روسیه (۴/۷۹)، ژاپن (۳/۸۴)، آلمان (۲/۲۳)، کره (۱/۷۸)، کانادا (۱/۶۷)، ایران (۱/۶۳) و برزیل (۱/۴۱) است (Germanwatch, 2015).

سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسیدکربن معادل) در ایران از رقم ۴ تن در سال ۱۹۹۰ (۱۳۶۹) به

رقم ۷/۳ تن در سال ۲۰۰۹ (۱۳۸۸) و ۷/۷ تن در سال ۲۰۱۰ (۱۳۸۹) افزایش یافته است که ایران را در مقام پنجاه و چهارم جهان جای داده است (CDIAC, 2012; U.S. DOE, 2012; World Bank, 2012).

ایران در سال ۲۰۱۲ (۱۳۹۱)، با مصرف انرژی معادل ۲۱۶ Mtoe (۳۱٪) در منطقه خاورمیانه در جایگاه نخست، عربستان سعودی با ۱۹۷ Mtoe (۲۸٪) در جایگاه دوم، امارات متحده عربی با ۶۶ Mtoe (۹٪) جایگاه سوم و کویت با ۳۷ Mtoe (۵٪) در جایگاه چهارم قرار گرفتند (Enerdata, 2014).

سرانه مصرف انرژی در ایران حداقل ۱/۵ برابر میانگین جهانی و بالاتر از متوسط خاورمیانه است. همچنین سرانه مصرف نهایی انرژی در طی پنج سال گذشته در حدود ۱۴ بشکه معادل نفت خام گزارش شده است (وزارت نیرو، ۱۳۹۴; World Bank, 2016).

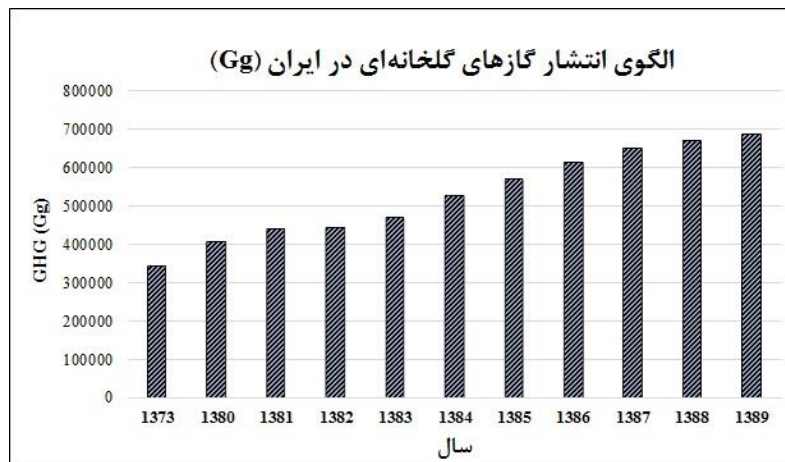
در بررسی شاخص پایداری انرژی سال ۲۰۱۲ (۱۳۹۱)، دو شاخص بهره‌وری انرژی (شامل سه معیار امنیت انرژی، عدالت اجتماعی، تعدیل اثرات زیست‌محیطی) و عملکرد زمینه‌ای (شامل معیارهای قدرت سیاسی، قدرت اجتماعی و توان اقتصادی) مورد استفاده قرار گرفته است که بر این اساس رتبه ایران در بهره‌وری انرژی ۳۸، در عملکرد زمینه‌ای ۷۹ و در شاخص پایداری انرژی در جایگاه ۴۸ جهان قرار گرفته است. در این رده‌بندی کشورهای سوئد، سوئیس، کانادا، نروژ و فنلاند به ترتیب در جایگاه‌های اول تا پنجم واقع شده‌اند (Wyman, 2012).

با توجه به عوامل محرک در انتشار گازهای گلخانه‌ای از قبیل جمعیت، رشد اقتصادی، بهبود در سطح رفاه، ترکیب سبد انرژی و دیگر عوامل انتظار می‌رود مصرف سوخت‌های فسیلی با روندی رو به رشد ادامه یابد. هرچند تلاش دولت‌ها در راستای جایگزینی سوخت‌های پاک و تجدیدپذیر، بهبود کارایی سیستم‌ها و حرکت در مسیر صنایع پاک و خدمات می‌تواند ضمن بهبود شرایط اقتصادی و سطح رفاه، میزان اتکاء بر سوخت‌های فسیلی و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای را تحت کنترل خود قرار دهد.

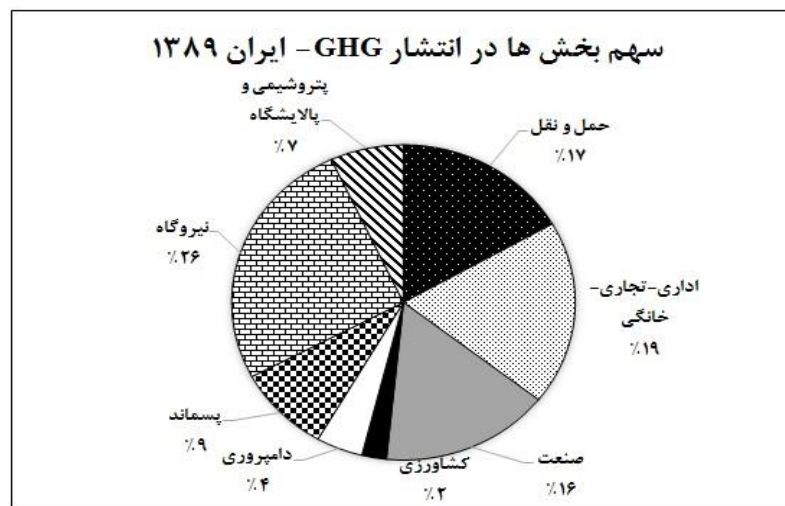
براساس خطوط راهنمای IPCC (IPCC, 2006: 247)، منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای به پنج بخش اصلی تقسیم‌بندی می‌شود و هر بخش می‌تواند شامل تعدادی بخش‌های فرعی (به‌عنوان مثال حمل‌ونقل) و تعدادی زیربخش (به‌عنوان مثال خودروهای سبک) باشد. بخش‌های اصلی در ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای عبارتند از:

- انرژی
- فرآیندهای صنعتی و تولید محصولات (IPPU)
- کشاورزی، جنگل و کاربری زمین پسماند
- دیگر موارد (انتشار غیرمستقیم از منابع غیرکشاورزی)

میزان انتشار ناشی از این منابع براساس ضرایب پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) بر مبنای دی‌اکسیدکربن معادل (CO<sub>2eq</sub>) گزارش می‌شود تا امکان ارزیابی و مقایسه فراهم آید. براساس محاسبات صورت گرفته توسط نویسندگان این مقاله، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در بازه زمانی سال‌های ۸۹-۱۳۷۳ مطابق با شکل ۱ تغییر یافته است. سهم بخش‌های مختلف در انتشار گازهای گلخانه‌ای یکسان نیست و در بازه‌های زمانی مختلف با اندکی تغییر همراه است. به‌عنوان نمونه در سال ۱۳۸۹، بیشترین سهم به بخش نیروگاهی اختصاص می‌یابد و مصارف اداری-تجاری-خانگی، حمل‌ونقل و صنعت همانگونه که در شکل ۲ آمده است در جایگاه‌های بعدی واقع شده‌اند. لازم به ذکر است که پایین بودن بازدهی نیروگاه‌های حرارتی کشورمان ایران (در حدود ۳۷٪) و تلفات شبکه انتقال و توزیع (معادل ۱۶/۶٪) بخشی از معضلات پیش‌روی کشور در حوزه انرژی به‌شمار می‌رود (وزارت نیرو، ۱۳۹۴) که توجیهی بر مصرف بالای سوخت در این بخش و در نتیجه نزدیک به ۲۶٪ انتشار گازهای گلخانه‌ای این بخش است (توکلی ۱۳۹۳: ۱۸۳).



شکل ۱: سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مبنای دی‌اکسیدکربن معادل در کشور ایران (۱۳۷۳-۱۳۸۹)



شکل ۲: سهم بخش‌های مختلف در انتشار گازهای گلخانه‌ای - ایران (۱۳۸۹)

### ۳. عوامل موثر و محرک در انتشار گازهای گلخانه‌ای ایران

بخشی از تحقیقات حوزه تغییر آب و هوا به ارزیابی عوامل و پارامترهایی می‌پردازد که در مقیاس جهانی یا منطقه‌ای نقش تاثیرگذار و محرکی بر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند. مدل‌های ریاضی از قبیل معادله کایا، تحلیل پوششی داده‌ها، میانگین وزنی لگاریتمی و روش تجزیه و تحلیل کامل نمونه‌هایی از این مدل‌ها هستند. در مجموع، مواردی از قبیل جمعیت (Pop)، رشد اقتصادی به شکل سرانه تولید ناخالص داخلی ( $GDP_{capita}$ )، شدت انرژی، شدت کربن، سطح رفاه، فناوری و سطح تکنولوژی جامعه، وضعیت اقلیمی و الگوهای رشد و توسعه یک جامعه از مواردی هستند که مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند.

#### ۳-۱. جمعیت

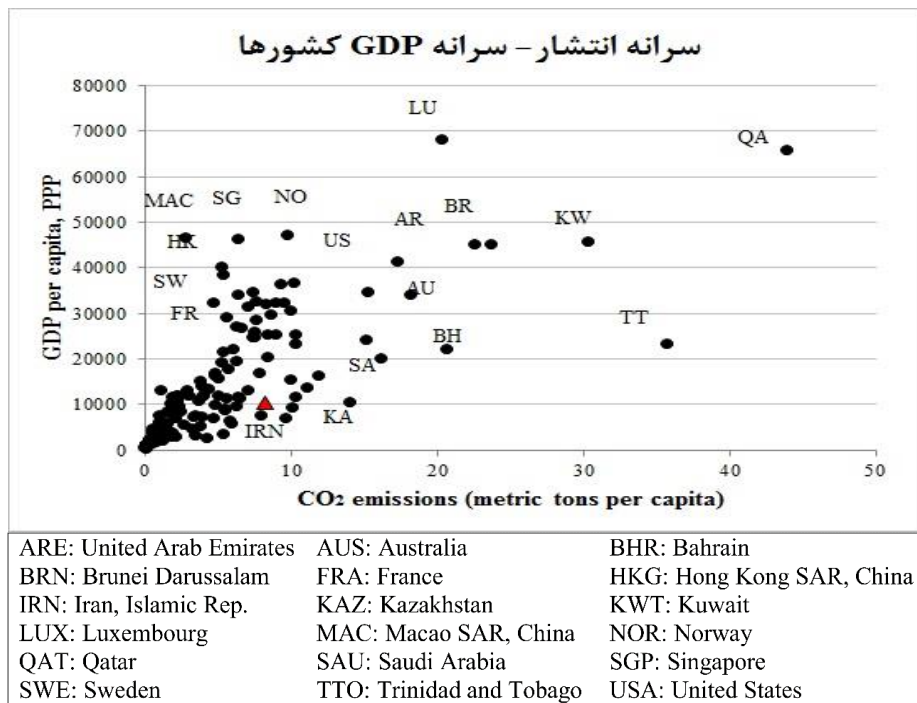
تاثیر جمعیت بر افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و در نتیجه افزایش انتشار آلاینده‌های هوا و گازهای گلخانه‌ای انکارناپذیر است. رشد آمار جمعیتی منجر به افزایش تقاضا برای انرژی با هدف رفع نیازهای اساسی خواهد شد. در فقدان زیرساخت‌های لازم از قبیل عایق‌بندی مناسب ساختمان‌ها در برابر اتلاف انرژی، افزایش کارایی وسایل و لوازم مورد نیاز خانوارها، توسعه حمل‌ونقل عمومی، بهینه‌سازی الگوی مصرف و مقابله با اتلاف و هدررفت انرژی، افزایش جمعیت می‌تواند تاثیر فزاینده‌ای بر افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در پی داشته باشد.

#### ۳-۲. تولید ناخالص داخلی

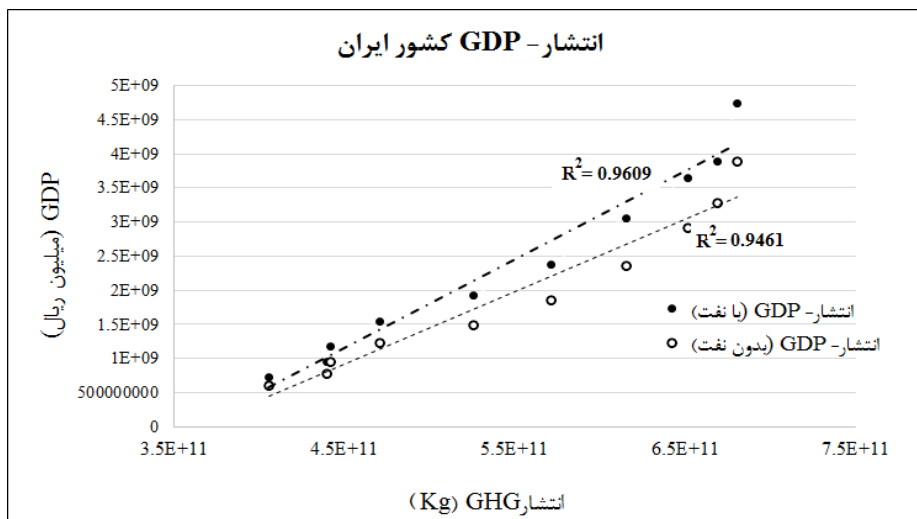
رشد و توسعه اقتصادی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه و متکی بر صنایع ثانویه، می‌تواند باعث افزایش مصرف سوخت و در نتیجه تشدید پدیده گرمایش جهانی شود. در پژوهشی که با هدف ارزیابی انتشارهای  $CO_2$  در میان کشورهای با سطح درآمدی متفاوت در بازه زمانی ۲۰۰۰-۱۹۷۵ صورت گرفت (Fan, Liu et al., 2006: 377-395) مشاهده شد که رشد اقتصادی بیشترین تاثیر را بر انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد و تاثیر سرانه تولید ناخالص داخلی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای کم‌درآمد به مراتب بیشتر است. در حالی که صنایع ثانویه به تبدیل مواد خام و میانی به کالاها می‌پردازند، صنایع گروه سوم خدمات‌دهی به مشتریان، خدمات و توسعه فناوری‌های مستقل از مصرف سوخت را شامل می‌شوند و از این رو الگوی رشد و توسعه بسیاری از کشورهای صنعتی و توسعه‌یافته در این مسیر واقع شده است تا بتوان ضمن ارتقاء تولید ناخالص داخلی، از مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به دور ماند. ایجاد ضرر به دیگران در پی پیشرفت‌های صنعتی همراه با انتشار کربن (ضررهای جانبی) موضوعی است که تا سال‌های اخیر هرگز مورد توجه قرار نگرفته بود. اما کشورهای در حال توسعه عقیده دارند توسعه اقتصادی و صنعتی که از دوران انقلاب صنعتی در سال‌های پایانی قرن هجدهم شروع شده است منجر به ضررهای اقتصادی به دیگر کشورها شده و موضوع تغییر آب و هوا و گرمایش جهانی یکی از مصداق‌های بارز آن است. با وجود انکار کشورهای توسعه یافته



و صنعتی، بررسی ارتباط موجود میان سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای و تولید ناخالص داخلی کشورها، بیانگر حاکمیت رابطه‌ای همبسته و مثبت میان این دو متغیر است (شکل ۳)، به طوری که کشورهای ثروتمندتر از سرانه انتشار بالاتری برخوردار هستند. بررسی وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ای در برابر GDP (با و بدون نفت) مختص کشور ایران نیز در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۳: ارزیابی ارتباط میان سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای و تولید ناخالص داخلی (PPP)



شکل ۴: ارزیابی ارتباط میان انتشار گازهای گلخانه‌ای و تولید ناخالص داخلی (GDP) کشور ایران

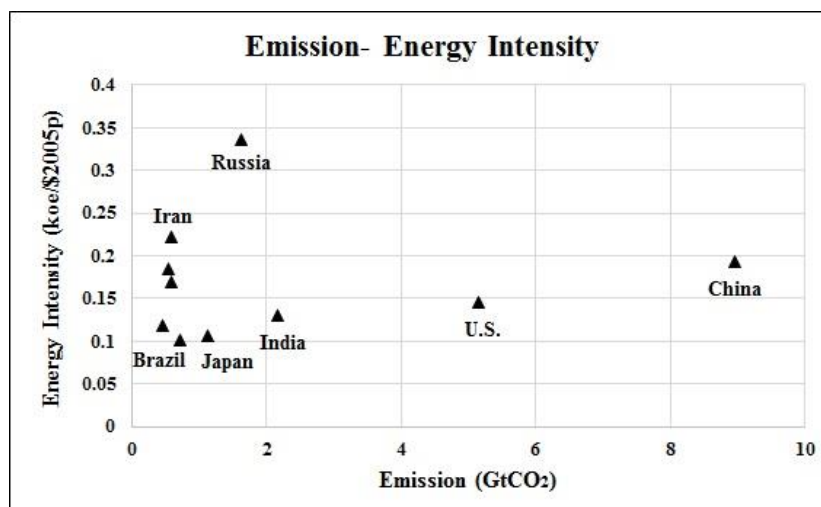
همانگونه که در شکل ۴ دیده می‌شود، همبستگی مثبت و شدیدی ( $R^2 > 0.9$ ) میان تولید ناخالص داخلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور ایران وجود دارد. اما در اینجا این سوال مطرح می‌شود که آیا وجود

وابستگی میان درآمدهای اقتصادی کشور ایران، مصرف سوخت و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای علیرغم مباحث حوزه امنیت انرژی و تاثیرپذیری از روابط بین‌المللی در وضعیت مناسبی قرار دارد؟ برای پاسخ به این سوال شاخصی تحت عنوان شدت انرژی مطرح می‌شود.

### ۳-۳. شدت انرژی

شدت انرژی به‌عنوان معیاری از بهره‌وری انرژی، به ارزیابی میزان انرژی مورد نیاز جهت تولید یک واحد درآمد (یک دلار) می‌پردازد. بهبود شدت انرژی از طریق افزایش راندمان سیستم‌ها، سرمایه‌گذاری در صنایع کمتر وابسته به سوخت و بهینه‌سازی الگوی مصرف امکان‌پذیر است. این شاخص الگوی درآمدزایی کشورهای مختلف از مصرف سوخت‌های فسیلی و بهره‌وری سیستم‌های مصرف‌کننده انرژی را می‌تواند مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد و بنابراین به‌عنوان یکی از محرک‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌شمار می‌رود. به‌عنوان نمونه عملی، در طی چند دهه اخیر کشور چین با بهبود شدت انرژی خود توانسته است به کاهش قابل‌توجهی در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای دست یابد (Wang, Chen et al., 2005: 73-83; Zhang, Mu et al., 2009: 767-773). طبق آمار سال ۲۰۱۵، کشور ایران با رقم  $0/223 \text{ koe}/\$2005p$  در زمره بدترین کشورهای جهان از نظر شاخص شدت انرژی واقع شده است. شکل ۵ به ارزیابی شاخص شدت انرژی در مقایسه با میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در میان ده کشور اول جهان می‌پردازد. پس از فدراسیون روسیه ( $0/337 \text{ koe}/\$2005p$ )، کشور ایران در این گروه از بدترین موقعیت برخوردار است.

یکی دیگر از مواردی که باید در این حوزه مورد توجه قرار گیرد، الگوی درآمدزایی غیرمتوازن در بخش‌های مختلف کشور ایران است. به‌عنوان نمونه، براساس پژوهشی که در این ارتباط و از منظر انتشار گازهای گلخانه‌ای برای کشور ایران صورت گرفته است (توکلی ۱۳۹۳) نرخ درآمدزایی به ازای هر کیلوگرم انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش دامپروری معادل ۴۱۷۹ ریال، بخش کشاورزی معادل ۱۲۶۳۷ ریال و بخش صنعت معادل ۵۷۳۳ ریال است. با این رویکرد (انتشار گازهای گلخانه‌ای - درآمدزایی) علیرغم سهم بالای بخش کشاورزی در تولید ناخالص داخلی، بحران آبی موجود باعث می‌شود امکان توسعه بیشتر این بخش با محدودیت‌هایی مواجه باشد. در بخش دامپروری نیز فشار وارد بر مراتع و عدم سازگاری تعداد دام با ظرفیت تغذیه، علاوه بر کاهش بازدهی در بخش دامپروری، به‌واسطه رفت و آمدهای مکرر دام در مراتع خشک و نرم شدن خاک سطحی زمین موجب گسترش گرد و غبار، آلودگی هوا و خسارهای جانبی دیگر خواهد شد.

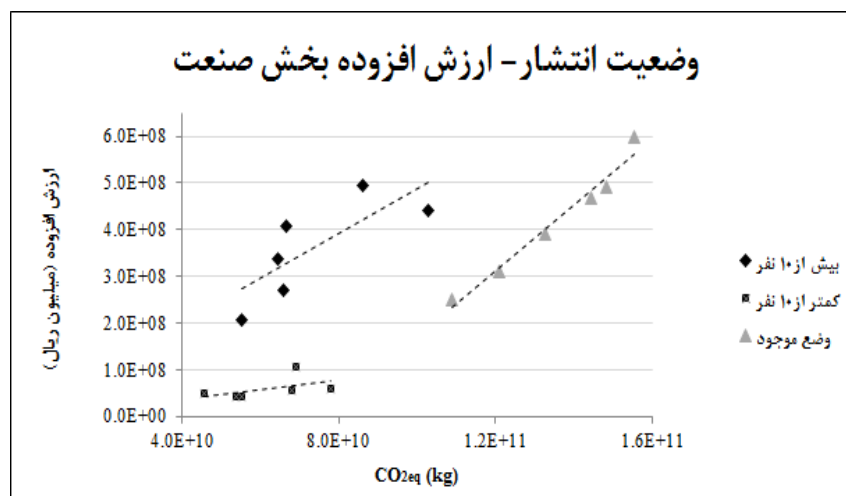


شکل ۵: ارتباط میان انتشار گازهای گلخانه‌ای و شدت انرژی میان ۱۰ کشور اول در انتشار

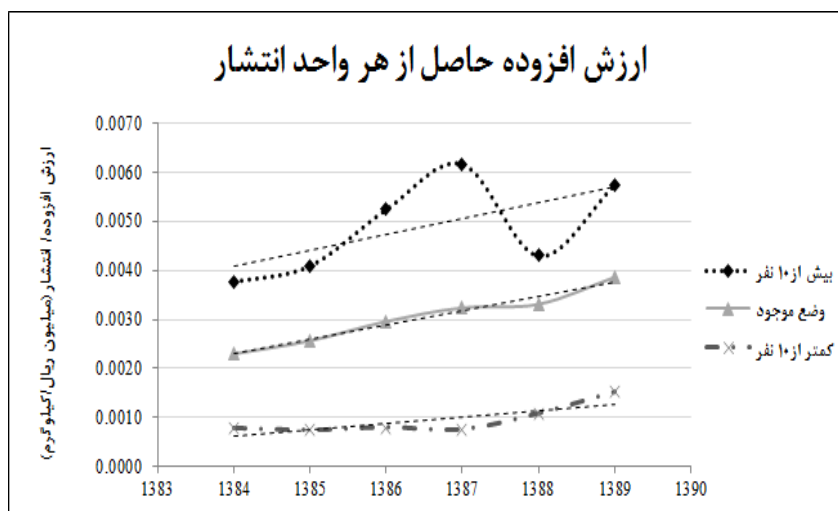
ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش‌های مختلف نشان می‌دهد که در کشور ایران نزدیک به ۱۶٪ انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش صنعت صورت می‌گیرد. جهت بررسی انواع صنایع موجود در کشور، عدم همپوشانی میان صنایع و نیز تعیین و تشخیص مرزهای بازار از یک سیستم طبقه‌بندی استاندارد تحت عنوان “استاندارد بین‌المللی صنایع در کلیه فعالیت‌های اقتصادی” استفاده می‌شود که براساس آن صنایع در ۳۸ گروه اصلی قرار می‌گیرند. در طبقه‌بندی دیگری صنایع براساس تعداد کارکنان (کمتر یا بیشتر از ۱۰ نفر) دسته‌بندی می‌شوند. ارزیابی میزان انتشار صنایع کشور ایران در طی دهه گذشته نشان می‌دهد صنایعی از قبیل ساخت منسوجات، ساخت کاغذ و محصولات کاغذی و وسایل نقلیه موتوری و تریلر و نیم‌تریلر (کدهای ۲۱، ۱۷ و ۳۴) در گروه صنایع میان انتشار (سهم ۶-۱ درصدی) و صنایع مواد غذایی و آشامیدنی، تولید کُک و فراورده‌های حاصل از نفت و سوخت‌های هسته‌ای، ساخت مواد و محصولات شیمیایی، سایر محصولات کانی غیرفلزی، ساخت فلزات اساسی و ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده (با کدهای ۱۵، ۱۷، ۲۳، ۲۴، ۲۶، ۲۷، ۲۸ و ۲۹) در زمره صنایع پرانتشار (سهمی بالغ بر ۶٪) قرار می‌گیرند. نزدیک به ۸۸٪ انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش صنعت از صنایع پرانتشار ناشی می‌شود. به‌عنوان مثال تولید فلزات اساسی ۲۴٪، تولید کُک و فراورده‌های حاصل از نفت و سوخت‌های هسته‌ای ۱۸٪ و سایر محصولات کانی غیرفلزی ۲۶٪ انتشار گازهای گلخانه‌ای بخش صنعت را شامل می‌شوند. این در حالی است که نرخ درآمدزایی این صنایع در قبال انتشار گازهای گلخانه‌ای بسیار پایین است. به‌طوری که سه صنعت مذکور به ترتیب با ۳۵۷۱، ۲۶۷۷ و ۲۳۲۷ ریال در ازای هر کیلوگرم انتشار در پایین‌ترین سطح درآمدزایی در بخش صنعت قرار دارند. تولید محصولات از توتون، تنباکو و سیگار با ۳۱۳۵۸۴ و تولید ماشین‌آلات اداری، حسابگر و محاسباتی با ۲۰۶۴۳۸ ریال درآمد به ازای هر کیلوگرم انتشار، در بالاترین سطح درآمدزایی در برابر انتشار گازهای گلخانه‌ای قرار می‌گیرند (توکلی ۱۳۹۳).

پس می‌توان نتیجه گرفت که بخش عمده انرژی مصرفی در بخش صنعت، از نظر ارزش افزوده در جایگاه مناسبی قرار ندارد و این معضل نیازمند بازنگری الگوی توسعه صنایع کشور، به‌کارگیری سیستم‌هایی با کارایی بهتر و بهینه‌سازی مصرف سوخت در بخش‌های مختلف صنعت است.

از سوی دیگر، طی سال‌های اخیر تمهیدات فراوانی از جانب دولت در راستای توسعه صنایع کوچک و زود بازده فراهم شده است. نگاهی به الگوی انتشار- درآمدزایی بخش صنعت (شکل ۶) با این رویکرد نشان می‌دهد که با وجود اینکه بخش قابل توجهی از سوخت در صنایع کوچک مصرف می‌شود اما ارزش افزوده کل بخش صنعت عمدتاً از صنایع بزرگ تأثیر می‌پذیرد و به همین دلیل تبدیل صنایع خرد و کوچک به صنایع بزرگتر می‌تواند در بهبود وضعیت اقتصادی و درآمدزایی بخش صنعت مورد توجه قرار گیرد. همچنین جهت درک بهتر این وضعیت، ارزش افزوده حاصل به ازای هر واحد انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنایع کوچک و بزرگ به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۷). همانگونه که مشاهده می‌شود صنایع بزرگ در مقایسه با صنایع کوچک به ازای هر واحد انتشار گازهای گلخانه‌ای درآمدزایی بهتری دارند. علت این تفاوت را می‌توان در بکارگیری سیستم‌های مدرن و بهینه، جلوگیری از اتلاف سوخت، بازیابی انرژی در بخش‌های مختلف و دیگر موارد جستجو کرد.



شکل ۶: وضعیت فعلی و روند انتشار- ارزش افزوده در انواع صنایع



شکل ۷: وضعیت ارزش افزوده حاصل از هر واحد انتشار در انواع صنایع

#### ۳-۴. شدت کربن

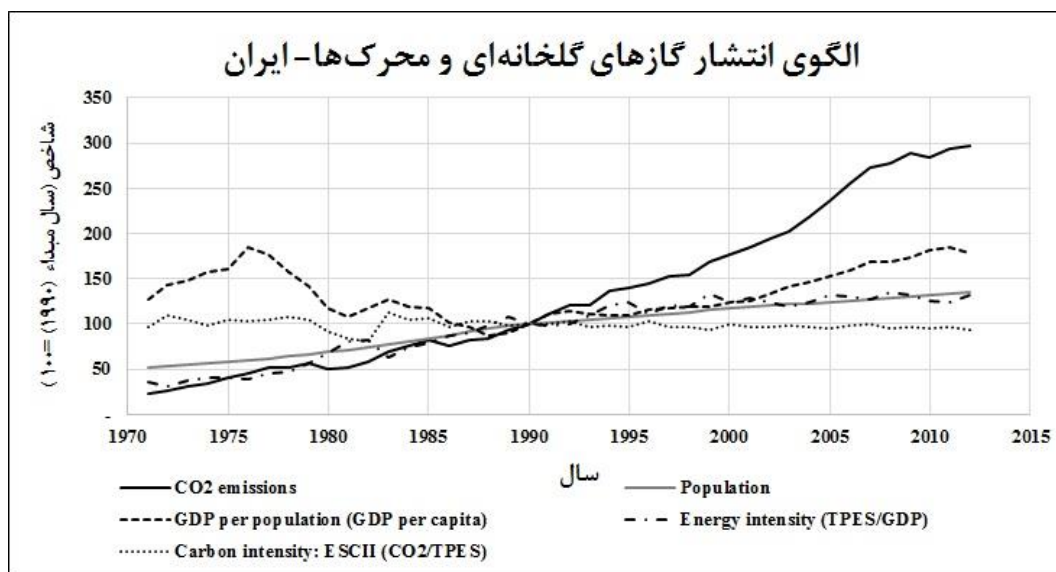
شدت کربن میزان انتشار کربن به ازای تولید یک واحد انرژی را مدنظر قرار می‌دهد و در واقع معیاری از سطح انتشار سوخت‌ها (به شکل کربن) است. یکی از روش‌های کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، تغییر سوخت از جانب سوخت‌های پرکربن به سوخت‌های کم‌کربن و فاقد کربن است. به‌عنوان نمونه جایگزینی گاز طبیعی با نفت و گازوئیل از مواردی است که می‌تواند در این زمینه کارساز باشد. هرچند انتشار گاز متان در طی فرآیند انتقال از طریق خط لوله باعث می‌شود بخش زیادی از این تعدیل جبران شود و از نقطه‌نظر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اقدام موثری صورت نپذیرد. توسعه منابع تجدیدپذیر و کم‌انتشار در بسیاری از کشورها به‌طور جدی دنبال می‌شود. برای مثال چین به‌عنوان بزرگترین انتشاردهنده کربن در حال حاضر ۷۵٪ انرژی مورد نیاز خود را از طریق ذغال‌سنگ تامین می‌کند و براساس INDC پیشنهادی قصد دارد تا سال ۲۰۳۰، بیش از ۲۰٪ انرژی مورد نیاز خود را از منابع کم‌کربن تولید کند.

نرخ شدت کربن در کشور ایران طی دو دهه اخیر مسیر رو به کاهشی را طی کرده است (Enerdata, 2016). توسعه و سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر نیز می‌تواند گام موثری در بهبود این شاخص و کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته باشد. در برنامه پنجم توسعه سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از قبیل خورشید، باد و امواج در حدود ۲۰٪ (معادل ۵ هزار مگاوات) در نظر گرفته شد. متأسفانه علیرغم برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته مبنی بر افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور، به دلیل عدم توجیه اقتصادی در مقایسه با قیمت تمام شده انرژی از منابع فسیلی و فقدان زیرساخت‌های لازم برای توسعه این بخش، در حال حاضر سهم منابع انرژی تجدیدپذیر غیر برق‌آبی از کل تولید در حدود ۰/۱۵٪ در سال ۱۳۹۲ گزارش شده است (شورای عالی انقلاب فرهنگی، ۱۳۹۴: ۱۳).

در شکل ۸ الگوی تغییر در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و برخی محرک‌های انتشار در بازه زمانی چهار دهه ۲۰۱۲-۱۹۷۱ نشان داده شده است. ارزیابی داده‌های مربوط با استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره برای کشور ایران موید آن است که از میان چهار محرک پیشنهادی، جمعیت بیشترین تاثیر را بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در پی داشته است. به طوری که به ازای یک واحد افزایش جمعیت، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (به شکل دی‌اکسید کربن معادل) به مقدار ۲/۹۳۷۳ واحد افزایش نشان می‌دهد. سرانه تولید ناخالص داخلی دومین عامل موثر در افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای است، هرچند این تاثیر به اندازه جمعیت چشمگیر نیست و به ازای هر واحد رشد تولید ناخالص ملی (سرانه)، به میزان ۱/۰۰۴۰ واحد رشد در انتشار گازهای گلخانه‌ای قابل انتظار است. دو عامل شدت انرژی و شدت کربن به ترتیب با ضرایب منفی ۰/۳۵۰ و منفی ۰/۶۹۴۵ در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نقش دارند. به طور خلاصه می‌توان معادله حاکم بر انتشار گازهای گلخانه‌ای ایران در بازه زمانی چهار دهه گذشته را به شکل زیر پیشنهاد داد.

$$Emission = 2.9373 \times Population + 1.0040 \times GDP_{capita} - 0.0350 \times EI - 0.6945 \times CI + R$$

این رابطه از کشوری به کشور دیگر متفاوت است و بدین ترتیب دولت‌ها می‌توانند تاثیر ناشی از هر یک از محرک‌ها را در افزایش یا کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد نقد و بررسی قرار دهند. انتخاب گزینه‌های متفاوت، از نظر اقتصادی می‌تواند در هزینه‌های کاهش انتشار نقش داشته باشد. همچنین کاستی و ضعف بخش‌های مختلف را بازگو می‌کند.



شکل ۸: الگوی تغییر انتشار GHGs و محرک‌ها در ایران (۱۹۷۱-۲۰۱۲)

۴. ساختار و توزیع جغرافیایی انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران

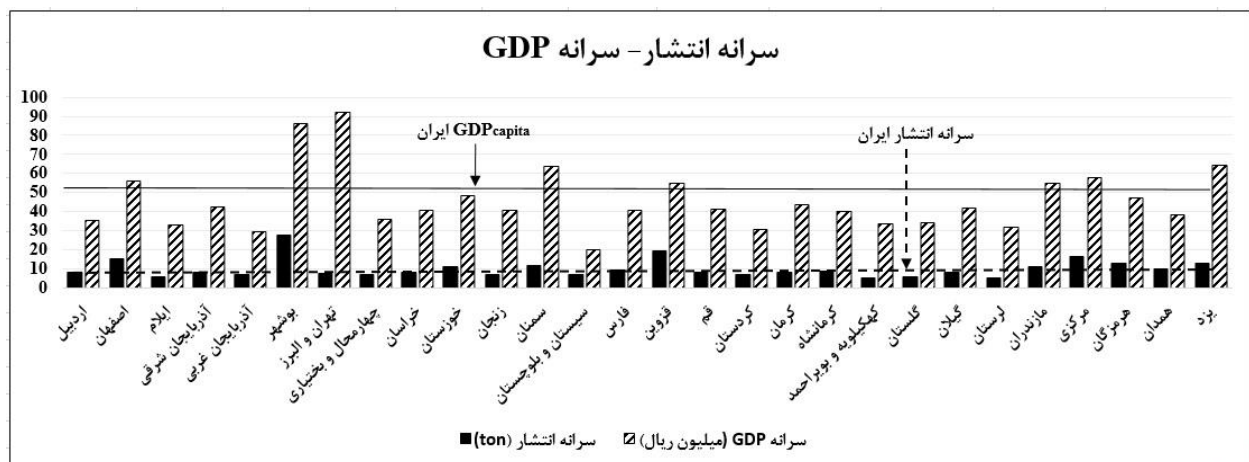
در طی سال‌های اخیر مفهوم جدیدی با رویکرد تخصیص مسئولیت‌های کاهش انتشار میان اعضاء (اعم از کشورها، ایالت‌ها و یا بخش‌های درون یک کشور) شکل گرفته است که تداعی‌کننده اصولی از قبیل انصاف و عدالت در مباحث تغییر اقلیم است. به طور معمول، تعریف قطعی و پذیرفته‌شده‌ای برای عدالت وجود ندارد. اما می‌توان تعاریف مختلفی از مضامین عدالت را مورد بررسی و بازبینی قرار داد ( Ringius, Torvanger et al., 1998: 777-793). در مدل‌های پیشنهادی توزیع مواردی از قبیل جمعیت، سرانه تولید ناخالص داخلی (به‌عنوان معیاری از سطح رفاه)، انتشار گازهای گلخانه‌ای (به شکل سرانه، کلی و تجمعی در بازه زمان)، نرخ درآمدزایی در برابر انتشار و دیگر موارد، به‌صورت انفرادی یا ترکیبی، به‌عنوان مصادیق عدالت مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند. هدف، ایجاد توزیعی متوازن و عادلانه میان شرکت‌کنندگان است تا از این طریق بتوان ضمن دستیابی به معیاری مورد پذیرش همگان برای تعیین مسئولیت‌های کاهش انتشار، از مواردی از قبیل فرار از بار مسئولیت (سواری رایگان)، مهاجرت، عدم پذیرش مسئولیت‌های کاهش به‌واسطه هزینه‌های کاهش و افزایش گپ و فاصله میان شرکت‌کنندگان در طرح کاهش جلوگیری کرد. در بسیاری موارد بخش‌ها و مناطق مختلف با پیروی از الگوهای همکارانه قادر خواهند بود با صرف هزینه‌های کمتر نرخ کاهش بیشتری داشته و بخشی از نیازهای مشترک خود را متناسب با پتانسیل‌ها و منابع در اختیار، تولید و در اختیار بازارهای مصرف‌کننده قرار دهند و بدین ترتیب مدلی متوازن و عادلانه با رویکرد توسعه شکل می‌گیرد.

چنانچه بخواهیم در پیگیری اهداف کاهش چنین مدل متوازنی را برای کشور ایران در نظر بگیریم لازم است مواردی از قبیل نحوه توزیع جمعیت، معیارهای اقتصادی و رفاهی، الگوی انتشار گازهای گلخانه‌ای و دیگر عوامل محرک را در میان استان‌ها و بخش‌های مختلف ایران مورد تحلیل و بررسی قرار دهیم ( Tavakoli, Shafie-Pour et al., 2017: 19-35; Shafie-Pour et al., 2016: 19-35). با این رویکرد بخشی از تحلیل معضل تغییر آب و هوا در ایران و راهکارهای دستیابی به اهداف کاهش، در توزیع جغرافیایی این پارامترها خلاصه می‌شود.

نظام سرمایه‌گذاری و کسب و کار در کشور ایران به‌گونه‌ای است که به سرمایه‌گذار این اجازه را می‌دهد تا با نظر خود نسبت به مکان‌یابی، احداث و راه‌اندازی بخش یا صنعت مورد نظر اقدام نماید. این در حالی است که عدم توجه به پتانسیل‌های موجود و ارزیابی فاصله میان بازارهای مصرف، دسترسی به مواد اولیه محلی و محل تولید باعث می‌شود بخش قابل توجهی از سرمایه و انرژی در مسیر تلف شود. نگاهی به آمار مربوط به تن-کیلومتر کالای حمل شده در کشور در طی سال‌های اخیر (وزارت صنایع و معادن، ۱۳۸۹) نشان می‌دهد که با افزایش نرخ تولید، تبادلات و عدم توجه کافی به پتانسیل‌های موجود، هزینه و انرژی قابل توجهی صرف شده

است و این معضل در حوزه‌هایی از قبیل انواع ترکیبات نفتی و شیمیایی، کالاهای فلزی، مواد غذایی، کالاهای ساختمانی و محصولات کشاورزی بیش از دیگر موارد به چشم می‌خورد.

بازنگری الگوهای توزیع جمعیت، سرانه انتشار، سرانه تولید ناخالص داخلی، سطح رفاه و دیگر موارد در کشور ایران حاکی از آن است که الگوی عادلانه و متوازی در این رابطه وجود ندارد. این در حالی است که عدم توجه به این مسئله و تخصیص بودجه‌های هدفمند در آینده باعث گسترش فاصله میان استان‌های مختلف کشور خواهد شد که در پی آن مهاجرت، گسترش بی رویه شهرها، تبدیل شهرهای بزرگ به مرکز آلودگی و معضلات دیگری را به همراه خواهد داشت.



شکل ۹: سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای و سرانه تولید ناخالص داخلی در میان استان‌های ایران - ۱۳۸۹

به‌عنوان نمونه، شکل ۹ به مقایسه استان‌های کشور ایران از نقطه نظر سرانه انتشار - سرانه تولید ناخالص داخلی (سال ۱۳۸۹) پرداخته است. بالاترین سطح سرانه انتشار متعلق به استان‌های بوشهر و قزوین است، استان‌هایی که علی‌رغم جمعیت پایین، به‌واسطه نوع فعالیت از انتشار گازهای گلخانه‌ای بالایی برخوردار هستند. این در حالی است که از نقطه نظر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (بدون در نظر گرفتن جمعیت)، استان‌های تهران، اصفهان و خوزستان در صدر قرار می‌گیرند. در بحث اقتصاد به شکل تولید ناخالص داخلی (بدون نفت) نیز در واحد سرانه به ترتیب استان‌های تهران، بوشهر و یزد قرار دارند که این شاخص بدون در نظر گرفتن سرانه جمعیتی به ترتیب استان‌های تهران، اصفهان و خراسان رضوی را شامل می‌شود.

پیگیری و برنامه‌ریزی در راستای تحقق مدل متوازن توسعه در کشور ایران با رویکردی همکارانه میان استان‌های کشور ایران (به‌عنوان اعضاء) می‌تواند فرصت‌های مناسب‌تری برای اشتغال، سرمایه‌گذاری، حفظ منابع رو به کاهش آبی و در چشم‌اندازی دیگر پتانسیل‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را در پی داشته باشد. به‌گونه‌ای که هر استان یا منطقه با تکیه بر امکانات و منابع موجود و خدادادی بخشی از نیازهای خود و مناطق



هم‌جوار را تامین کند. در این مسیر طرح‌های آمایش سرزمین و پتانسیل‌های در اختیار، جایگزین فرصت‌های سیاسی برای کسب سرمایه و توسعه هر منطقه خواهند شد.

#### فرجام

تعهد ایران برای کاهش ۱۲-۴ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای را می‌توان گام آغازین حرکت در مسیر اقدامات کاهش دانست. علیرغم رتبه نهم ایران در میان ۱۰ کشور بزرگ انتشاردهنده گازهای گلخانه‌ای، وابستگی شدید اقتصادی به مصرف و فروش سوخت‌های فسیلی چون نفت و گاز باعث شده است دولت جمهوری اسلامی با چالش جدی در راستای تحقق این هدف بین‌المللی و محیط‌زیستی مواجه شود. هرچند ارزیابی وضع موجود و معضلات پیش‌رو در کنار برنامه‌ریزی و ایجاد زیرساخت‌های لازم می‌تواند این مسیر را هموارتر سازد. در این رابطه پژوهش حاضر به ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (در کلیه بخش‌ها) در دهه‌های اخیر پرداخته است. روند صعودی انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور ایران مشهود و بخش‌های نیروگاهی، اداری-تجاری-خانگی، حمل‌ونقل و صنعت، از مهم‌ترین انتشاردهنده‌ها محسوب می‌شوند. محرک‌های مختلفی را می‌توان در افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای موثر دانست. از میان چهار محرک اصلی (شامل جمعیت، سرانه تولید ناخالص داخلی، شدت انرژی و شدت کربن) در بازه زمانی ۲۰۱۲-۱۹۷۱، جمعیت با ضریب ۲/۹۴+ و سرانه تولید ناخالص داخلی با ضریب ۱/۰۰۴+ دارای تاثیر مثبت (افزایشی) و شدت انرژی با ضریب ۰/۰۳۵- و شدت کربن با ضریب ۰/۶۹۴- اثر منفی (کاهش) بر انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته‌اند. در بحث شدت انرژی (میزان انرژی مورد نیاز جهت تولید یک واحد درآمد)، ایران در زمره بدترین کشورها از منظر این شاخص قرار دارد و در درازمدت نیز تغییرات محسوسی صورت نگرفته است. در میان ۱۰ کشور اول انتشاردهنده، ایران با شدت انرژی  $0.223 \text{ koe}/\$2005\text{p}$  پس از روسیه ( $0.337 \text{ koe}/\$2005\text{p}$ ) قرار دارد.

در بخش صنعت، بخش عمده‌ای از انرژی مصرفی در صنایعی صرف می‌شود که در پایین‌ترین سطح درآمدزایی واقع شده‌اند. به‌عبارتی دیگر، علیرغم مصرف سوخت، درآمد مورد انتظار حاصل نمی‌شود. صنایع کوچک (با کمتر از ۱۰ نفر شاغل)، از نظر مدیریت و بازدهی سریع همواره مطلوب و مورد توصیه دولت‌های قبل و کنونی است، در حالی که ارزش افزوده این قبیل صنایع در ازای انرژی مصرفی به مراتب پایین‌تر از صنایع بزرگ است.

ارزیابی یک الگوی متوازن و مبتنی بر عدالت در بخش تعیین مسئولیت‌های کاهش انتشار میان استان‌های کشور ایران نیازمند بررسی مصادیق عدالت در حوزه تغییر اقلیم است. مواردی از قبیل توزیع جمعیت، تولید ناخالص داخلی (و سرانه آن)، انتشار گازهای گلخانه‌ای (کل انتشارها، سرانه انتشار و انتشارهای تجمعی در بازه زمانی) و دیگر عوامل تاثیرگذار و تاثیرپذیر در میان استان‌ها و بخش‌های کشور ایران بیانگر وجود

الگوی نامتوازن و در برخی موارد ناعادلانه است. این در حالی است که دستیابی به الگویی متوازن و عادلانه می‌تواند به‌عنوان یک محرک برای تحقق اهداف کاهش مورد توجه قرار گیرد. علاوه‌براین، الگوی متوازن و همکارانه میان استان‌ها و بخش‌های مختلف کشور می‌تواند فراهم‌کننده فرصت‌های شغلی، نرخ درآمدزایی بالاتر، اتکاء بر پتانسیل‌های موجود و خدادادی هر منطقه باشد، از مهاجرت‌های جمعیتی تا حد زیادی جلوگیری کند و بهبوددهنده الگوی توسعه ملی باشد.

تحقق هدف کاهش ردپای کربن با در نظر گرفته‌شده مزیت‌های استانی، فرصت‌های اکولوژیکی و بارگزاری‌های توسعه‌ای باید برای هر استان مدنظر قرار گیرد و در نهایت به‌صورت منطقه‌ای عمل شود. استقرار نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها و دیگر بارگزاری‌ها نه تنها براساس نزدیکی و مجاورت به محل‌های اکتشاف و استخراج، بلکه براساس گسترش فرصت‌های موجود و رویکردی عدالت‌طلبانه صورت گیرد. کشور ایران در راستای تدوین برنامه ششم است و ارزیابی‌های مقدماتی حکایت از عدم بهره‌مندی هر یک از برنامه‌های پنج‌ساله توسعه قبلی از متوازن بودن توسعه و مقابله با پدیده گرمایش جهانی و کاهش مصرف انرژی به منزله کاهش گازهای گلخانه‌ای است. بنابراین، هدف اصلی این پژوهش را می‌توان تلاش برای ایجاد مدل متوازن توسعه منطقه‌ای در راستای تحقق اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای جمهوری اسلامی دانست.

بسیاری از کشور جهان، اعم از توسعه‌یافته و در حال توسعه، با بازنگری الگوی درآمدزایی خود در تلاش هستند جایگاه خود را در حوزه محیط‌زیست و تعدیل و سازگاری با پدیده تغییر آب و هوا بهبود بخشند. امید آن است که دولت جمهوری اسلامی نیز با بازنگری برنامه‌های توسعه و توجه به اولویت‌های زیست‌محیطی مسیر مناسب‌تری برای آینده ترسیم و در صیانت از امانت آیندگان بهتر عمل نماید.

#### منابع فارسی

توکلی آزاده (۱۳۹۳)، ارایه مدل توزیع بهینه انتشار گازهای گلخانه‌ای بین مناطق مختلف ایران با استفاده از نظریه بازی‌ها و از منظر توسعه پایدار، رساله دکتری تخصصی، دانشگاه تهران.

دبیرخانه شورای عالی انقلاب فرهنگی (۱۳۹۴)، ارزیابی اسناد انرژی و محیط‌زیست کشور جهت بازنگری و اصلاح، اداره کل نظارت و ارزیابی علمی و فناوری.

سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران (۱۳۹۴)، برنامه اهداف موردنظر مشارکت ملی (INDC)، کمیته ملی تغییر آب و هوایی جمهوری اسلامی ایران.

مجمع تشخیص مصلحت نظام (۱۳۹۴)، سیاست‌های کلی محیط‌زیست (مورخ ۹۴/۰۸/۲۶)، <http://maslahat.ir/>

وزارت صنایع و معادن (۱۳۸۹)، برنامه بخش صنعت و معدن در طرح تحول اقتصادی، تهران.

وزارت نیرو (۱۳۹۴)، ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۲، دفتر برنامه‌ریزی‌های کلان برق و انرژی- معاونت امور برق و انرژی.

#### منابع لاتین

- CDIAC (2009), *Carbon dioxide emissions (CO<sub>2</sub>), thousand metric tons of CO<sub>2</sub>*, The official United Nations site for the MDG Indicators (CDIAC).
- CDIAC (2011), *Record High 2010 Global Carbon Dioxide Emissions from Fossil-Fuel Combustion and Cement Manufacture*, The official United Nations site for the MDG Indicators (CDIAC).
- CDIAC (2012), *Statistics Division*, The official United Nations site for the MDG Indicators (CDIAC).
- DOE (2012), *United Nations Statistics Division*, U.S. Department of Energy.
- Enerdata (2014), *Global Energy Statistical Yearbook 2013, Global Energy Intelligence*.
- Enerdata (2016), *Global Energy Statistical Yearbook 2016, Global Energy Intelligence*.
- Etheridge, D., Steele, L., Langenfelds, R., Francey, R., Barnola, J. M. & Morgan, V. (1996), Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO<sub>2</sub> over the last 1000 years from air in Antarctic ice and firn, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 101(D2), 4115-4128.
- Fan, Y., Liu, L. C., Wu, G. & Wei, Y. M. (2006), Analyzing impact factors of CO<sub>2</sub> emissions using the STIRPAT model, *Environmental Impact Assessment Review*, 26(4), 377-395.
- Germanwatch (2015), The largest producers of CO<sub>2</sub> emissions worldwide in 2015, based on their share of global CO<sub>2</sub> emissions, *Germanwatch*, Germanwatch.
- Grabemann, I., Gaslikova, L., Groll, N. & Weisse, R., (2015), Anthropogenic climate change impact on future North Sea wave and surge conditions, *EGU General Assembly Conference Abstracts*.
- Holtz-Eakin, D. & Selden, T. M. (1995), Stoking the fires? CO<sub>2</sub> emissions and economic growth, *Journal of public economics*, 57(1), 85-101.
- Hughes, T. P., Baird, A. H., Bellwood, D. R., Card, M., Connolly, S. R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg, O., Jackson, J. & Kleypas, J. (2003), Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs, *Science*, 301(5635), 929-933.
- IEA (2012), CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion- 2011 Highlights, *International Energy Agency (IEA)*.
- IPCC (2001), The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC (TAR), Climate Change 2001, *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*.
- IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*.
- IPCC (2007), The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*, Geneva, Switzerland.
- IPCC (2013), The physical science basis, Contribution of working group I to the fifth assessment report, *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*.
- IPCC (2014), Climate Change 2014- Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects, *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*, Cambridge University Press.

- Midgley, G. F. & Bond, W. J. (2015), Future of African terrestrial biodiversity and ecosystems under anthropogenic climate change, *Nature Climate Change*, 5(9): 823-829.
- NOAA (2016), Earth's CO<sub>2</sub> Home Page, National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Parmesan, C. & Yohe, G. (2003), A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems, *Nature*, 421(6918), 37-42.
- Ringius, L., Torvanger, A. & Holtmark, B. (1998), Can multi-criteria rules fairly distribute climate burdens? OECD results from three burden sharing rules, *Energy Policy*, 26(10): 777-793.
- Rogelj, J. (2013), Long-term climate change: projections, commitments and irreversibility, *Cambridge University Press*, 1029-1136.
- Rom, W. N., Evans, L. & Uppal, A. (2013), The sentinel event of climate change: Hurricane Sandy and its consequences for pulmonary and critical care medicine, *American journal of respiratory and critical care medicine*, 187(2), iii-iv.
- Seneviratne, S. I., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C. M., Kanae, S., Kossin, J., Luo, Y., Marengo, J., McInnes, K. & Rahimi, M. (2012), Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment, Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation, *Cambridge University Press*, 109-230.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M. & Miller, H. (2007), The physical science basis, Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 235-337.
- Stott, P. (2016), How climate change affects extreme weather events, *Science*, 352(6293), 1517-1518.
- Tavakoli, A., Shafie-Pour, M., Ashrafi, K. & Abdoli, G. (2016), Options for sustainable development planning based on “GHGs emissions reduction allocation (GERA)” from a national perspective, *Environment, Development and Sustainability*, 19-35.
- Tavakoli, A., Shafie-Pour, M., Ashrafi, K. & Abdoli, G. (2017), GHGs emission reduction targeting based on horizontal equity concept at a country level, *Environmental Engineering and Management Journal*.
- Trnka, M., Rötter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K. C., Olesen, J. E., Žalud, Z. & Semenov, M. A. (2014), Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change, *Nature Climate Change*, 4(7), 637-643.
- UNFCCC (2015), INDCs as communicated by Parties, INDC Retrieved 2016/10/09, from <http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC>.
- United Nations (2015), The 2015 Revision of World Population Prospects, Department of Economic and Social Affairs, New York, United Nations.
- United Nations Environment Program, UNEP (2015), UN Climate Change Newsroom, Retrieved 2016/04/06, from <http://newsroom.unfccc.int/>
- Wang, C., Chen, J. & Zou, J. (2005), Decomposition of energy-related CO<sub>2</sub> emission in China, 1957–2000, *Energy*, 30(1), 73-83.
- World Bank (2012), *Statistics Division*, World Bank.

- World Bank (2016), *World Databank*, the World Bank Group, Washington D.C.
- Wyman, O. (2012), World Energy Trilemma 2012, *Energy Sustainability Index*, World Energy Council.
- Zhang, M., Mu, H. & Ning, Y. (2009), Accounting for energy-related CO<sub>2</sub> emission in China, 1991–2006, *Energy Policy*, 37(3), 767-773.

---

<sup>۱</sup>- استادیار گروه مهندسی محیط‌زیست دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)  
shafiepour@ut.ac.ir

<sup>۲</sup>- استادیار گروه علوم محیط‌زیست دانشگاه زنجان  
atavakoli@znu.ac.ir