کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی
سال هشتم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۰ تاریخ تأیید نهایی: ۱۳۹۹/۰۴/۲۳
صص: ۱۶۶-۱۳۳

مقالهٔ پژوهشی

تحلیلی بر رهیافت‌های سنجش انتشار گازهای گلخانه‌ای در نواحی شهری (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)

صدیقه لطفی[1]، استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران
علی محمد نژاد، دانش‌آموخته دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

تغییرات آب‌وهوایی نتیجه فعالیت‌های انسانی مثل مصرف سوخت‌های فسیلی و تغییرات کاربری زمین است. درحالی‌که شهرها تنها ۲ درصد مساحت کره زمین را اشغال می‌کنند، مسئول انتشار ۷۱ تا ۷۶ درصد دی‌اکسید کربن جهانی هستند. ازآنجاکه الگوی تولید و مصرف اقتصاد ایران برمبنای سوخت‌های فسیلی است، تمرکز جمعیت و فعالیت در کلان‌شهرها موجب افزایش مصرف این سوخت‌ها و انتشار متمرکز گازهای گلخانه‌ای شده است. هدف پژوهش حاضر، تحلیل و مقایسه رهیافت‌های تولید- مبنا و مصرف- مبنا در سنجش انتشار گازهای گلخانه‌ای نواحی شهری و سپس اجرای آن‌ها در کلان‌شهر تهران است. روش تحقیق، توصیفی- تحلیلی می‌باشد و داده‌ها از طریق مطالعات کتابخانه‌ای گردآوری‌شده‌اند. برای سنجش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از راهنمای هیئت بین دولتی تغییرات آب‌وهوا[2] ۱۹۹۵ استفاده‌شده است. جامعه آماری پژوهش، کلان‌شهر تهران و میزان مصرف انواع سوخت‌های فسیلی آن در یک بازه زمانی ۱۱ ساله (۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵) است. کلان‌شهر تهران به دلیل الگوی تولید، توزیع و مصرف بر مبنای سوخت‌های فسیلی و سبک زندگی مرتبط، سرانه بالایی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد که آن را به بزرگ‌ترین کانون انتشار این گازها بدل کرده است. نتایج محاسبات با خط‌مشی پنل بین دولتی درباره تغییرات آب‌وهوا (رهیافت تولید- مبنا) نشان‌دهنده افزایش سرانه انتشار دی‌اکسید کربن کلان‌شهر تهران در یک بازه زمانی ۱۰ ساله است (سرانه ۴/۹۴ و ۵/۰۹ تن به ازای هر شهروند در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵). همچنین با استفاده از رهیافت مصرف- مبنا، سرانه رد پای کربن هر شهروند تهرانی ۷/۷۷ تن در سال به دست آمد. درنهایت، سرانه انتشار دی‌اکسید کربن کلان‌شهر تهران با برخی از کلان‌شهرهای دنیا مقایسه شد که نتایج نشان می‌دهد که سرانه انتشار دی‌اکسید کربن تهران بالاتر از کلان‌شهرهای بزرگ و پرجمعیتی چون ریودوژانیرو، سئول، بانکوک، بوینس آیرس، هنگ کنگ و لندن است.

کلمات کلیدی: رهیافت تولید- مبنا، رهیافت مصرف- مبنا، کلان‌شهر تهران، گازهای گلخانه‌ای.

---

۱ - نویسنده مسئول: s.lotfi@umz.ac.ir

[2]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 1995 guidelines)

مقدمه

موضوع تغییر آب‌وهوا از اوایل قرن نوزدهم میلادی موردبحث بوده است؛ اما فقط از دهه ۱۹۸۰ هنگامی‌که پیشرفت‌های فنّاورانه به دانشمندان اجازه داد تا با اطمینان بیشتری از تراکم گازهای گلخانه‌ای[۱] جو زمین و افزایش آن سخن‌گویند، به‌عنوان یک نگرانی فراگیر بین‌المللی ظهور کرد. تغییرات آب‌وهوایی نتیجه فعالیت‌های انسانی مثل مصرف سوخت‌های فسیلی و تغییرات کاربری زمین است که پیامدهای آن برای سکونتگاه‌های انسانی شامل بلایای بی‌سابقه‌ای در موارد گرم شدن آب‌وهوا، آب شدن یخ‌های قطبی، خشک‌سالی، سیلاب‌های شدید و آتش‌سوزی جنگل‌ها[۲] است. مراکز شهری با تمرکز بالای جمعیت، صنایع و زیرساخت‌ها، با شدیدترین اثرات ناشی از تغییر آب‌وهوایی مواجه هستند (مرکز سکونتگاه‌های انسانی سازمان ملل[۳]، ۲۰۱۱). بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۵ میلادی، سطح توسعه شهرنشینی از ۲۰ درصد تا ۴۹ درصد افزایش پیدا کرد، این در حالی است که انتشار گازکربنیک منتج از مصرف سوخت‌های فسیلی در جهان تا حدود ۵۰۰ درصد افزایش یافت (مرکز سکونتگاه‌های انسانی سازمان ملل، ۲۰۱۶: ۱۵).

مهم‌ترین منبع انتشار گازهای گلخانه‌ایِ منجر به تغییر آب‌وهوایی در نواحی شهری، با مصرف سوخت‌های فسیلی مرتبط است که شامل تولید انرژی برای برق (بیشتر از زغال‌سنگ، گاز و نفت)، کاربرد انواع سوخت‌ها در حمل‌ونقل، استفاده از انرژی در ساختمان‌های مسکونی و تجاری برای گرمایش، سرمایش، پخت‌وپز و نیز انتشار این گازها از تولیدات صنعتی و پسماند می‌باشد. از طرف دیگر، تغییر در الگوهای استفاده

---

[۱] چهار گاز مهم گلخانه‌ای که توسط فعالیت‌های انسانی تولید می شود شامل، دی اکسید کربن (CO_2)، متان (CH_4)، اکسید نیتروژن (N_2O) و هالو کربن ها (هیدروفلور کربنها و پرفلورکربنها) می باشند که در این بین دی اکسید کربن مهمترین گاز گلخانه‌ای است (Un Habitat, 2011).

[۲] شواهد این امر در بیشتر نقاط دنیا با واژه بی‌سابقه یاد می شود. برای نمونه طوفان‌های کاترینا، سندی در آمریکا، هایان در جنوب شرق آسیا، آتش سوزی جنگل‌های روسیه و استرالیا، سیلابهای بی‌سابقه در تایلند، پاکستان، برزیل که همه اینها شواهدی بر پیامدهای ناگوار تغییر آب‌وهوا است (محمدنژاد و صرافی، ۱۳۹۳).

[3] Un Habitat

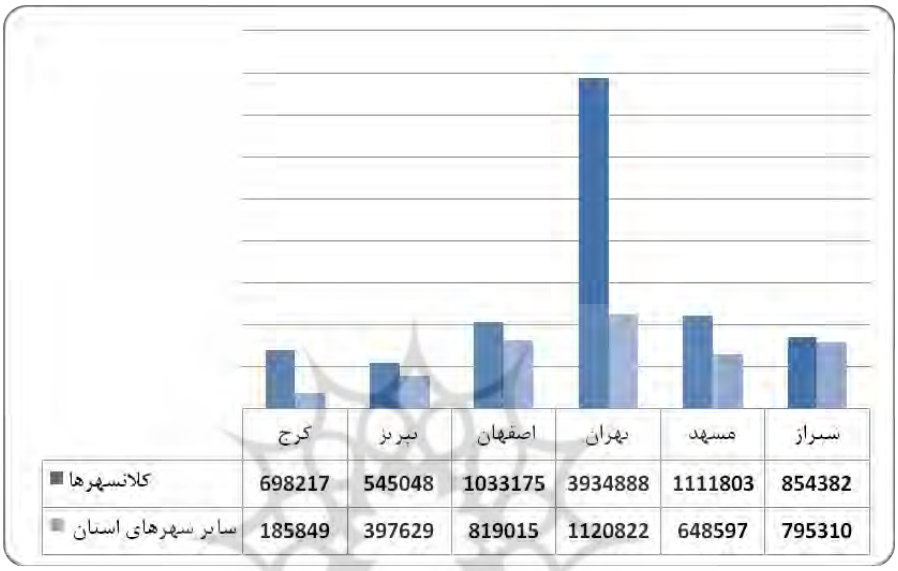
از زمین در شهرها یا کاربری اراضی نیز در این امر دخیل است. طبق گزارش سکونتگاه‌های انسانی سازمان ملل در سال ۲۰۱۱، بین ۴۰ تا ۷۰ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از شهرهاست که فعالیت‌های انسان در آن دخیل است (مرکز سکونتگاه‌های انسانی سازمان ملل، ۲۰۱۱)، درحالی‌که شهرها تنها ۲ درصد مساحت زمین را شامل می‌شوند (تو[1]، ۲۰۱۸: ۴)، مسئول انتشار ۷۱ تا ۷۶ درصد دی‌اکسید کربن جهانی می‌باشند (آژانس بین‌المللی انرژی[2]، ۲۰۱۲: ۷۰۰؛ هیئت بین دولتی تغییر آب‌وهوا[3]، ۲۰۱۴: ۴).

روند شهرنشینی در دهه‌های اخیر در کشورمان موجب شکل‌گیری و گسترش کلان‌شهرها در شبکه شهری ایران شده است. طبق داده‌های مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ شش کلان‌شهر بزرگ کشور به ترتیب جمعیت عبارت از تهران، مشهد، اصفهان، کرج، شیراز و تبریز[4] بوده‌اند. در نمودار ۱، میزان مصرف بنزین موتور (برحسب هزار لیتر) برخی از کلان‌شهرهای بزرگ ایران با مصرف کل شهرهای هر استان مقایسه شده که آمار، نشان‌دهنده فزونی مصرف کلان‌شهرها نسبت به مجموع شهرهای هر استان می‌باشد که این امر یکی از مهم‌ترین عوامل انتشار گازهای گلخانه‌ای در کلان‌شهرهای ایران است. در این میان کلان‌شهر تهران با فاصله بسیار زیاد در مقایسه با سایر کلان‌شهرهای کشور، ۷۷ درصد بنزین موتور را در میان شهرهای استان تهران مصرف کرده، درحالی‌که سهم سایر شهرهای استان تنها ۲۳ درصد می‌باشد. ازآنجاکه الگوی تولید و مصرف اقتصاد ایران بر مبنای سوخت‌های فسیلی است، تمرکز جمعیت و فعالیت در این کانون‌ها موجب افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار متمرکز گازهای گلخانه‌ای شده است. البته، با توجه به مبانی و تجارب جهانی، ذکر این نکته ضروری است که مشکل فوق ناشی از ماهیت پدیده شهرنشینی و کلان‌شهر نیست،

---

[1] Tu
[2] IEA (International Energy Agency)
[3] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)
[4] جمعیت کلانشهرهای مذکور به ترتیب عبارتند از : تهران ۸۶۹۳۷۰۶ و مشهد ۳۰۰۱۱۸۴ و اصفهان۱۹۶۱۲۶۰ و کرج۱۵۹۲۴۹۲ و شیراز ۱۵۶۵۵۷۲ و تبریز ۱۵۵۸۶۹۳

بلکه این کانون‌ها، متمرکز کننده الگوی مصرف و سبک زندگی ناپایدار بر مبنای سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشور هستند.



نمودار ۱- مقایسه میزان مصرف بنزین موتور کلانشهرها با مجموع مصرف کل شهرهای استان در سال ۱۳۹۳(برحسب هزار لیتر)

مأخذ: (شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران، ۱۳۹۳)

افزایش روزافزون جمعیت شهر تهران و نیز افزایش سرانه مالکیت خودروهای شخصی، تردد خودروهای فرسوده در ناوگان حمل‌ونقل شهری، پایین بودن کیفیت سوخت و به‌طورکلی فقدان الگوی مصرف سازگار با محیط‌زیست در بخش‌های مختلف صنعتی، خانگی و تجاری- اداری منجر به مصرف بالای سوخت در کلانشهر تهران شده است. عمده‌ترین بخش مصرف‌کننده انواع سوخت‌های فسیلی، بخش خانگی، تجاری و عمومی است که بیش از ۷۰ درصد مصرف سوخت‌های فسیلی در این بخش صورت می‌گیرد (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۰: ۵۲).

دو رهیافت برای سنجش انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود دارد: یکی تولید- مبنا و دیگری مصرف- مبنا[۱] (دیویس و کالدیرا[۲]، ۲۰۱۰؛ فان[۳] و همکاران، ۲۰۱۶؛ جاکوب[۴] و همکاران، ۲۰۱۴). رهیافت تولید مبنا از کنوانسیون تغییر آب‌وهوای سازمان ملل با استفاده از فهرست انتشار[۵] نشئت‌گرفته که بر تولید گازهای گلخانه‌ای از بخش‌های مختلف تکیه دارد و همچنین محاسبات آن ریشه در خط‌مشی ارائه‌شده از هیئت بین دولتی تغییر آب‌وهوا[۶] دارد (مرکز سکونت‌گاه‌های انسانی سازمان ملل، ۲۰۱۱: ۵۸).

رهیافت مصرف- مبنا ریشه در اقتصاد نئواکولوژیک و نیز مفهوم ردپای اکولوژیک (واکرناگل و ریز[۷]، ۱۹۹۶) داشته که اخیراً رهیافت ردپای کربن نیز از آن استخراج‌شده است (واکرناگل و همکاران، ۲۰۰۶). تأکید بیشتر ردپای کربن بر انتشار غیرمستقیم ناشی از محصولات و خدمات مصرفی است که به‌طور مستقیم قابل‌کنترل نیستند (فرانچتی و آپول[۸]، ۲۰۱۳). ذکر این نکته ضروری است که سنجش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق فهرست انتشارها[۹] و ردپای کربن کاملاً باهم متفاوت هستند. فهرست انتشارها توسط کنوانسیون تغییر آب‌وهوای سازمان ملل برای انتشار گازهای گلخانه‌ای برحسب بخش‌های مختلف در درون یک مرز جغرافیایی معین تعریف‌شده است، اما ردپای کربن از مفهوم ردپای اکولوژیک گرفته‌شده و بر انتشار گازهای گلخانه‌ای که با مصرف کالاها و خدمات ارتباط دارد، تأکید می‌کند؛ بنابراین، منشأ انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق استفاده از ارزیابی مصرف- مبنا بهتر درک می‌شود. در ارتباط با ردپای اکولوژیک، می‌توان گفت که کشورهای ثروتمند بیش از ظرفیت تحمل کره زمین از سهمشان استفاده می‌کنند و به‌طور مشابه، استفاده از تحلیل

---

[1] Production-based versus consumption-based approaches
[2] Davis and Caldeira
[3] Fan
[4] Jakob
[5] Emission Inventory
[6] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
[7] Wackernagel and Rees
[8] Franchetti and Apul
[9] Emissions Inventory

مصرف- مبنای انتشار گازهای گلخانه‌ای، کمک می‌کند تا روشن شود که کشورها، نواحی شهری و افراد، بیشتر از سهم عادلانه‌شان در تغییر آب‌وهوای جهانی نقش دارند (مرکز سکونت‌گاه‌های انسانی سازمان ملل، ۲۰۱۱: ۵۸؛ بتسیل و باکلی[1]، ۲۰۰۷: ۴۵۰).

هدف این مقاله، تحلیل رهیافت سنجش انتشار گازهای گلخانه‌ای در نواحی شهری شامل رهیافت‌های تولید- مبنا و مصرف- مبنا و مقایسه نظری آن‌ها و سپس اجرای روش‌های یادشده در کلان‌شهر تهران است.

دلایل متعددی وجود دارد که چرا باید نقش شهرها را در تغییرات آب‌وهوایی مورد ملاحظه قرار دهیم: نخست اینکه، طیفی از فعالیت‌ها که به شهرها و کارکردهای آن‌ها وابسته هستند در انتشار گازهای گلخانه‌ای نقش دارند. فعالیت‌های مرتبط با حمل‌ونقل، مصرف انرژی و تولیدات صنعتی که درون مرزهای شهرها و شهرک‌ها رخ می‌دهند مستقیماً در تولید گازهای گلخانه‌ای نقش دارند. مراکز شهری، به جریان‌های غذا، آب و کالاهای مصرفی متکی هستند که ممکن است به انتشار گازهای گلخانه‌ای در خارج از محدوده شهر منجر شود. علاوه بر این، افراد و خانوارهای ساکن در مناطق شهری، طیف وسیعی از کالاها و خدمات را مصرف می‌کنند. به‌طورکلی، تحلیلی از اثرات نسبی این فعالیت‌ها گامی مهم در درک نقش نواحی شهری در تغییرات آب‌وهوایی است.

دوم، سنجش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در شهرهای مختلف، پایه‌ای برای مقایسه شهرها فراهم می‌کند تا ظرفیت‌هایی برای رقابت بین‌شهری و همکاری میان آن‌ها به وجود آید. الگوی توسعه‌ای که تغییر آب‌وهوا را در دستور کار خود قرار داده، ظرفیت‌هایی برای جذب سرمایه‌گذاری‌های بیرونی فراهم می‌آورد و اهمیت روزافزون شبکه‌های شهری بین‌المللی و فضایی را برای یادگیری و تسهیم دانش بین‌المللی فراهم می‌سازد.

سوم، ارزیابی نقش شهرها در تغییرات آب‌وهوایی، گام اولیه و اساسی در شناسایی راه‌حل‌های بالقوه است. رشد روزافزون جمعیت شهری و تمرکز فعالیت‌های صنعتی و

[1] Betsill and Bulkeley

اقتصادی در این نواحی، بدین معنی است که شهرها باید پیشتاز کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای باشند.

چهارم، این موضوع اهمیت دارد که تفاوت میان تحلیل تولید- مبنا با تحلیل مصرف- مبنا در انتشار گازهای گلخانه‌ای مشخص گردد. بیشتر ارزیابی‌ها از نقش شهرها یا کشورها در تغییرات آب‌وهوایی، بر انتشار ناشی از فعالیت‌های درون مرزهای با قلمرو مشخص (رهیافت تولید- مبنا) تکیه دارد. همچنین، رهیافت دیگر در انتشار گازهای گلخانه‌ای (رهیافت مصرف- مبنا) به الگوهای مصرف افراد توجه دارد، یعنی بسیاری از فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی که نیازهای ساکنان شهری را برآورده می‌کند در خارج از مرزهای شهری یا حتی کشوری انجام می‌شود (مرکز سکونتگاه‌های انسانی سازمان ملل، ۲۰۱۱: ۳۳؛ برنامه محیط‌زیست سازمان ملل[1] و همکاران، ۲۰۱۰).

درنهایت، برخلاف پروتکل کیوتو که متمرکز بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در مقیاس ملی و بین‌المللی بوده، توافقنامه پاریس به مقیاس محلی نیز توجه کرده است. برای نمونه، در مواد ۷ و ۸ این توافقنامه بر بحث سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی به‌طور برابر با رهیافت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تأکید شده است (مرکز سکونتگاه‌های انسانی سازمان ملل، ۲۰۱۷: ۳). اگرچه تاکنون اقدامات کاهش‌دهنده تغییرات خطرناک آب‌وهوایی در سطوح جهانی و ملی ناامیدکننده بوده، اما شهرها به‌عنوان مقیاسی مناسب جهت اقدام برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شناخته‌شده‌اند (نورث[2] و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۷۹۸).

با توجه به مطالب مطرح‌شده، در ادامه به مقایسه رهیافت‌های تولید- مبنا و مصرف- مبنا برای سنجش انتشار گازهای گلخانه‌ای در نواحی شهری پرداخته می‌شود.

استفاده از رهیافت تولید- مبنا برای ارزیابی نقش نواحی شهری در انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند منجر به ایجاد اثرات منفی و غیرمنطقی شود. نواحی شهری قادر خواهند بود انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را از طریق ایجاد محدودیت‌هایی برای

[1] UNEP
[2] North

صنایع آلوده‌کننده (مانند صنایع سنگین) که میزان زیادی از این گازها را منتشر می‌کنند؛ و ایجاد مشوق‌های لازم برای فعالیت‌های اقتصادی پاک که میزان کمتری از گازها را منتشر می‌کنند (مانند صنایعی با تکنولوژی برتر)، کاهش دهند. در مواردی هم کشورهای توسعه‌یافته، صنایع آلوده‌کننده خود را به سایر کشورهای درحال‌توسعه انتقال می‌دهند؛ جایی که هزینه نیروی کار ارزان‌تر و قوانین سخت‌گیرانه کمتری نسبت به محیط‌زیست وجود دارد (هرتویچ و پیترز[1]، ۲۰۰۹).

بااین‌وجود، تغییر آب‌وهوا یک پدیده جهانی فراگیر است که انتشار مقادیر معین دی‌اکسید کربن همان اثرات مشابه را در آب‌وهوای جهانی ایفا می‌کند؛ بدون توجه به اینکه این گازها در کجای دنیا تولید می‌شوند؛ بنابراین، عوامل تعیین‌کننده برای انتشار گازهای گلخانه‌ای، تقاضای مصرف‌کنندگانی است که به محصولات خاصی علاقه دارند. در این صورت، ارزیابی نقش نواحی شهری در تغییر آب‌وهوا نیازمند انعکاس مکان زندگی مردمی است که این تقاضاها را مطرح می‌کنند. استفاده از سیستم تولید- مبنا برای ارزیابی نقش نواحی شهری در تغییر آب‌وهوایی موجب غفلت از سبک زندگی پرمصرف افراد می‌شود که عامل اصلی میزان انتشار ناپایدار گازهای گلخانه‌ای است. علاوه بر آن، تحلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای در مقیاس شهری با استفاده از رهیافت تولید- مبنا با مشکلاتی همچون شکاف و کمبود اطلاعات مناسب به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه، وجود اطلاعات متفاوت در مقیاس‌های مختلف جغرافیایی و تغییر مرزهای سیاسی شهرها درگذر زمان مواجه است (مرکز سکونتگاه‌های انسانی سازمان ملل، ۲۰۱۱: ۵۸).

رهیافت تولید- مبنا موجب آشفتگی در تشخیص مسئولیت شهرهای مختلف برای تولید گازهای گلخانه‌ای می‌شود. در شهرهایی که اقتصاد پایه آن‌ها بر مبنای خدمات (شهرهای خدماتی)[2] است، انتشار مربوط به مصرف، مهم‌تر از انتشار مربوط به تولید است. درنتیجه، در سهیم بودن مراکز تولیدی موفق در انتشار گازهای گلخانه‌ای (مانند

[1] Ertwich and Peters
[2] Service-oriented cities

بایجینگ و شانگهای چین) اغراق می‌شود، درحالی‌که نقش شهرهای خدماتی ثروتمند (که شامل بسیاری از شهرهای آمریکای شمالی و اروپا) در انتشار گازهای گلخانه‌ای نادیده گرفته می‌شود (داکال[1]، ۲۰۰۴). در مقابل، رهیافت مصرف- مبنا تلاش می‌کند تا منشأ انتشار گازها را با روشی جامع‌تر ارزیابی کند. این نوع سیستم محاسبه منجر به میزان پایین‌تری از انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای درحال‌توسعه می‌شود که بر این اساس باید میزان مصرف در کشورهای توسعه‌یافته موردتوجه قرار گیرد تا راهبردها و سیاست‌هایی جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اتخاذ گردد (مرکز سکونتگاه‌های انسانی سازمان ملل، ۲۰۱۱: ۵۹؛ بای[2]، ۲۰۰۷: ۲).

رهیافت مصرف- مبنا همچنین می‌تواند به‌عنوان مبنایی جهانی جهت محدودیت انتشار گازهای گلخانه‌ای و جلوگیری از تغییر آب‌وهوایی قلمداد شود. طبق برآوردها پیش‌بینی می‌شود که انتشار سالیانه گازهای گلخانه‌ای جهانی باید از ۵۰ میلیارد تن دی‌اکسید کربن به ۲۰ میلیارد تن تا پایان سال ۲۰۵۰ کاهش یابد. این امر بدین معنی است که ردپای کربن افراد در جهان باید به‌طور متوسط به کمتر از ۲/۲ تن در سال برسد.

بنابراین، جمعیت شهری، هم از عوامل اصلی تغییرات آب‌وهوایی و هم از قربانیان آسیب‌پذیر در برابر این تغییرات می‌باشند (تو، ۲۰۱۸: ۶). با توجه به رشد مداوم جمعیت، مهاجرت‌های روستا - شهری و توسعه فیزیکی شهرها (الحاق نواحی پیراشهری به درون محدوده شهرها)، انتظار می‌رود که ۲/۵ میلیارد نفر دیگر به جمعیت شهری جهان اضافه شوند که دراین‌بین، سه کشور هند، چین و نیجریه مسئول ۳۷ درصد این رشد هستند. این روندها موجب افزایش سهم مصرف انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای در نواحی شهری می‌شود (کولن براندر[3] و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۳۹).

[1] Dhakal
[2] Bai
[3] Colenbrander

ردپای غذای[1] یک شهر تأثیر مهمی روی جایگاه سبز بودن آن شهر دارد، خصوصاً اگر میزان انرژی استفاده‌شده در فرایند حمل‌ونقل غذا از مکان‌های دوردست به بازارهای شهری در نظر گرفته شود؛ به‌عنوان‌مثال عرضه غذا در شهرهای اروپایی به‌تنهایی مسئول ۳۰ درصد از کل ردپای اکولوژیک است (برنامه محیط‌زیست سازمان ملل، ۲۰۱۱: ۴۷۶). به این معنا که تحقیقات اخیر نشانگر نقش مصرف مواد غذایی شهرها در انتشار گازهای گلخانه‌ای است که فرایند تولید و توزیع غذا برای مصرف‌کنندگان شهری از مقادیر زیادی انرژی استفاده کرده که این امر منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. میوه‌ها و سبزیجاتی که در کشورهای توسعه‌یافته مصرف می‌شوند اغلب مسافتی بین ۲۵۰۰ تا ۴۰۰۰ کیلومتر از مکان تولید (مزرعه) تا مکان مصرف (مغازه‌ها) را طی می‌کنند. تحقیقات نشان می‌دهد یک رژیم غذایی که از اجزای وارداتی تشکیل‌شده است، می‌تواند چهار برابر مصرف انرژی بالاتر و همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر نسبت به رژیم غذایی معادل آن‌که در مقیاس محلی تولید می‌شود داشته باشد. ظرفیت‌های تولید و مصرف مواد غذایی شهر در مقیاس محلی می‌تواند کارایی انرژی را ارتقاء بخشیده و منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شود. علاوه بر آن، برخی از روش‌های کشاورزی که موجب کاهش مسافت طی شده برای حمل‌ونقل مواد غذایی می‌شود، مانند استفاده از گلخانه برای پرورش محصولات گرمسیری در عرض‌های جغرافیایی معتدل، می‌تواند اثرات بیشتری بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نسبت به حمل این غذاها از فواصل دوردست داشته باشد (پیترز[2]، ۲۰۰۸).

چالش‌های مختلفی با رهیافت مصرف- مبنا در ارتباط است که نقش افراد و نواحی شهری را در تغییر آب‌وهوایی لحاظ می‌کند؛ اما نمی‌تواند در کاهش تغییرات آب و هوایی نقش بسزایی داشته باشد (مرکز سکونتگاه‌های انسانی سازمان ملل، ۲۰۱۱: ۵۹).

[1] Food footprint
[2] Peters

اگر انتشار گازهای گلخانه‌ای به کشورها یا شهرها اختصاص نیابد (جایی که این گازها منتشر می‌شوند) بلکه به مصرف مردمی که موجب انتشار این گازها هستند اختصاص داده شود، نگرش‌ها تغییر خواهد یافت. در این نوع نگرش، انتشار گازهای گلخانه‌ای از یک کارخانه فولاد به مکانی که این کارخانه در آن قرار دارد اختصاص داده نمی‌شود بلکه به محل سکونت افرادی که این کالاها را می‌خرند و استفاده می‌کنند اختصاص می‌یابد (سترثویت[1]، ۲۰۱۰: ۵). استفاده از چنین سیستم محاسبه‌ای بدین معنی است که شهرهای ثروتمندی مانند لندن، نیویورک و توکیو بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را برحسب سرانه خود دارند زیرا بیشتر کالاهایی که در جای دیگری ساخته می‌شوند، در این کشورها توسط ساکنان این شهرها مصرف می‌شود. به همین ترتیب، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سفر، به شخص مسافر و انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش‌های کشاورزی و جنگل‌زدایی به شخصی که محصولات کشاورزی را مصرف می‌کند اختصاص می‌یابد. تحت تأثیر چنین شمایی، شهرها ممکن است مسئول انتشار گازهای گلخانه‌ای در حدود ۶۰ درصد یا بیشتر باشند، اگرچه این رقم ممکن است گمراه‌کننده باشد زیرا بیشتر این انتشارها از یک جمعیت نسبتاً کوچکی از شهرهای جهان ناشی می‌شود، یعنی ثروتمندترین شهرهایی که ساکنانی با سبک زندگی پرمصرف دارند (سترثویت، ۲۰۱۰: ۹).

در جدول ۱، تفاوت‌های رهیافت تولید- مبنا در برابر مصرف- مبنا برحسب بخش‌های مختلف تشریح شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] Satterthwaite

جدول ۱- چارچوب نظری مقایسه رهیافت تولید- مبنا در برابر مصرف- مبنا در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای شهری

بخش‌ها	رهیافت تولید- مبنا	رهیافت مصرف- مبنا
عرضه انرژی	بخش عمده گازهای گلخانه‌ای از نیروگاه‌هایی که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند ناشی می‌شود. بسیاری از این نیروگاه‌های فسیلی بزرگ خارج از نواحی شهری قرار دارند اما انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف برق در نواحی شهری معمولاً به این نواحی اختصاص می‌یابد.	گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید انرژی به مصرف‌کنندگان انرژی/برق اختصاص می‌یابد، بنابراین رشد انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌وسیله افزایش مصرف انرژی تحریک می‌شود؛ انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی جهت تهیه و تحویل خدمات به مصرف‌کنندگانی اختصاص می‌یابد که این کالاها و خدمات را مصرف می‌کنند.
صنعت	رشد میزان تولید؛ رشد شدت استفاده از انرژی در تولید؛ اهمیت یافتن صنایعی که به تولید کالاهایی با انتشار گازهای گلخانه‌ای زیاد اشتغال دارند (مانند خودروسازی).	انتشار گازهای گلخانه‌ای از صنایع و تولید مواد و مصالح دیگر به شرکت‌هایی که آن را تولید می‌کنند اختصاص نمی‌یابد، بلکه به مصرف‌کنندگان نهایی محصولات آن‌ها اختصاص می‌یابد، بنابراین افزایش مصرف، محرک افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای است.
جنگلداری و کشاورزی	بسیاری از مراکز شهری دارای نواحی پشتیبان کشاورزی و جنگلی فراوانی هستند؛ اما بیشتر آن‌ها شامل نواحی روستایی گسترده می‌شوند، از منظر رهیافت تولید- مبنا، گازهای گلخانه‌ای که به‌وسیله جنگلداری و کشاورزی تولید می‌شود به نواحی روستایی اختصاص می‌یابد.	انتشار گازهای گلخانه‌ای از این بخش‌ها دیگر به نواحی روستایی اختصاص ندارد (مکان تولید)، بلکه به مصرف‌کنندگانی که محصولات این بخش را مصرف می‌کنند اختصاص می‌یابد (بیشتر نواحی شهری)؛ لذا کشاورزی تجاری شدیداً انرژی- برشده است؛ همچنین رژیم‌های غذایی گروه‌های ثروتمند دارای انتشارهای بسیار بالایی است (شامل کالاهای واردشده، مصرف بالای گوشت و غیره)
حمل‌ونقل	رشد استفاده از خودروهای شخصی؛ افزایش متوسط مصرف سوخت در خودروهای شخصی؛ افزایش مسافرت‌های هوایی (البته این مورد ممکن است به نواحی شهری اختصاص نیابد)	علاوه بر انتشارهای ناشی از رهیافت تولید- مبنا، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت در رابطه با مسافرت مردم به بیرون از نواحی شهری، به خود آن‌ها اختصاص می‌یابد (این امر شامل مسافرت هوایی هم می‌شود)؛ همچنین نگرانی‌هایی برای انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حمل‌ونقلی هم وجود دارد.
ساختمان‌های تجاری و مسکونی	رشد استفاده از سوخت‌های فسیلی یا رشد مصرف برق برای گرمایش یا سرمایش فضا و یا برای روشنایی و لوازم‌خانگی.	علاوه بر انتشارهای ناشی از رهیافت تولید- مبنا، انتشارهای ناشی از ساختمان‌سازی و حفاظت یا نگهداری از ساختمان را نیز باید اضافه کرد (مانند مصالح مورداستفاده).

پسماند و فاضلاب	حجم در حال رشد پسماندهای انرژی‌بر	حجم در حال رشد پسماندهای جامد و مایع با انتشار گازهای گلخانه‌ای؛ این انتشارها به مصرف‌کنندگانی که پسماندها را تولید کردند اختصاص می‌یابد نه به خود زباله یا مکان دفن زباله
بخش عمومی و حکمروایی	بدون اطلاعات	تمرکز دولت‌های شهری برای جذب سرمایه‌گذاری جدید که منجر به پراکنده‌رویی شهری و سرمایه‌گذاری عظیم در راه‌سازی می‌شود و کمتر به دغدغه‌هایی چون ارتقای کارایی انرژی و انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای توجه می‌شود.
(سترثویت، ۲۰۰۹: ۵۴۸)		

شهرهای دارای سیستم مدیریت و حکمروایی شایسته، کانونی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. بیشتر نواحی مسکونی مطلوب در ثروتمندترین شهرهای جهان دارای اشکال ساختمانی و تراکم‌های بالایی هستند که می‌توانند نیاز به گرمایش و سرمایش را کاهش دهند که معمولاً این نیاز در نواحی روستایی و حومه شهرها بیشتر است. بیشتر شهرهای اروپایی مراکز متراکمی دارند که در آن پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری برای بیشتر ساکنان قابل ترجیح است، خصوصاً جاهایی که تهیه کالاهای روزمره بیشتر برای پیاده‌ها و دوچرخه‌سواران فراهم است. بیشتر شهرهای اروپایی، سیستم حمل‌ونقل عمومی باکیفیت بالایی دارند که می‌توانند مالکیت و استفاده از اتومبیل شخصی را کاهش دهند. همچنین، شهرها محل تمرکز امکانات و خدماتی هستند که در کیفیت بسیار بالای زندگی نقش دارد که این امر نیاز به مصرف بالای مواد و کالاهای مصرفی را کاهش می‌دهد (سترثویت، ۲۰۱۰: ۱۱).

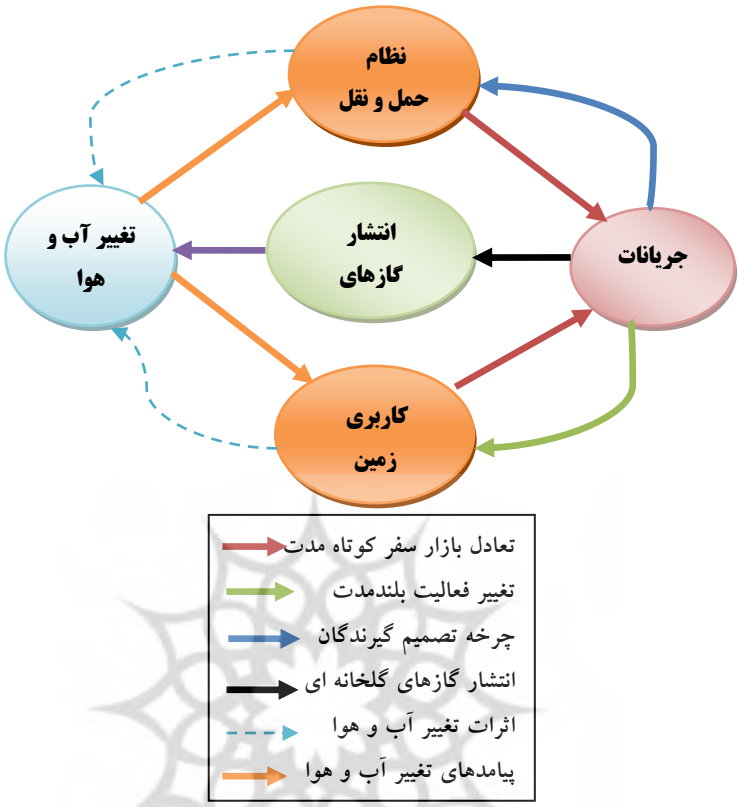
بنابراین، رابطه بین کاربری زمین شهری، زیرساخت حمل‌ونقل و آب‌وهوا چرخه‌های بازخوردی را شامل می‌شود که در مقیاس‌های کالبدی مختلف (محلی، منطقه‌ای و جهانی) و دوره‌های زمانی کوتاه و بلندمدت بسیار مهم است. همان‌طور که دسترسی، هدف اصلی چرخه بازخورد کاربری زمین و حمل‌ونقل است، هدف پایداری نیز خطاب قرار دادن بازخوردهای متعدد بین فرم شهری، زیرساخت حمل‌ونقل، کیفیت هوا، سلامتی و تغییر آب‌وهواست.

با توجه به نمودار شماره ۱ الگوی جریان‌ها (حرکت کالاها، خدمات و مردم) در نظام حمل‌ونقل شهری به‌وسیله نظام حمل‌ونقل و کاربری زمین تعیین می‌شود. این تغییرات هم از طریق فراهم کردن نوع خدمات حمل‌ونقلی و هم از طریق منابعی که در فراهم کردن این خدمات مصرف می‌شود، صورت می‌گیرد. همچنین، الگوی این جریان، تغییراتی را در طول زمان در نظام حمل‌ونقل در پاسخ به جریانات واقعی و پیش‌بینی‌شده موجب می‌شود، زیرا کارآفرینان و دولت‌ها خدمات جدید حمل‌ونقل را توسعه می‌دهند یا زیرساخت‌های موجود را اصلاح می‌کنند. این الگوهای متقابل در نظام حمل‌ونقل و کاربری زمین، تعیین‌کننده میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. علاوه بر آن، نقش تسهیلات نظام حمل‌ونقل و کاربری زمین در تغییر آب‌وهوای محلی از طریق جزایر گرمایی شهری رخ می‌دهد. به‌طور خلاصه، تغییر آب‌وهوا پیامدهایی را بر نظام حمل‌ونقل شهری و کاربری زمین شهری و بالعکس خواهد داشت (مه روترا[1] و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۴۸).

در خصوص پیشینه پژوهش‌های داخلی و خارجی انجام‌شده؛ براتی و سردره (۱۳۹۲)، در پژوهش خود نشان دادند که میزان تأثیر شاخص‌های فرم شهری بر مصرف انرژی در سفرهای شغلی شهر تهران بیش از ۱۵ درصد و در کل بخش حمل‌ونقل بیش از ۱۰ درصد است. رضایی و همکاران (۱۳۹۷)، در پژوهش‌شان در مورد شهرهای شمال ایران نشان دادند که اگر فشردگی شکل شهر یک درصد افزایش پیدا کند، میزان انتشار دی‌اکسید کربن در آن ۸/۸ درصد کاهش خواهد یافت.

در کشور چین مطالعات نشان داد، متوسط اندازه (بعد) خانوار در طول زمان کاهش‌یافته است، بدین معنی که تعداد خانوارها سریع‌تر از اندازه کل جمعیت افزایش‌یافته است؛ بنابراین، صرفه‌جویی ناشی از مقیاس کاهش‌یافته و درنتیجه مصرف سرانه انرژی خانوارهای کوچک‌تر به‌طور عمده بیشتر از خانوارهای بزرگ‌تر است (جیانگ و هاردی[2]، ۲۰۰۹).

[1] Mehrotra
[2] Jiang and Hardee



نمودار ۱- ارتباط متقابل بین حمل‌ونقل شهری، کاربری زمین و تغییر آب‌وهوا

بر اساس مطالعه‌ای که در شهر تورنتو (کانادا) درباره انتشار گازهای گلخانه‌ای و تراکم انجام‌شده، این نتیجه حاصل‌شده که به‌محض افزایش فاصله از هسته مرکزی شهر، انتشار گازهای گلخانه‌ای از خودروهای شخصی بر سایر انتشارها غالب می‌شود. توسعه حومه‌های شهری کم تراکم در تورنتو نسبت به هسته مرکزی پرتراکم، منجر به استفاده بیشتر انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۲ تا ۲/۵ برابر برحسب سرانه می‌شود (واندە وگ و کندی[1]، ۲۰۰۷).

[1] VandeWeghe and Kennedy

در ایالات‌متحده آمریکا که خانوارها در خانه‌های ویلایی تک خانواری[1] زندگی می‌کنند به ترتیب موجب مصرف ۳۵ و ۲۱ درصد انرژی بیشتر برای گرمایش و سرمایش در مقایسه با سایر اشکال مساکن و خانوارها می‌شوند (اوینگ[2] و همکاران، ۲۰۰۸). بر مبنای پژوهش‌های دیگری انتشار سالیانه گازهای گلخانه‌ای شهر لندن از ۴۵/۱ میلیون تن به ۴۴/۳ میلیون تن بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۶ کاهش داشته است، درحالی‌که در همین بازه زمانی جمعیت تا ۰/۷ میلیون رشد داشته است و نواحی ساخته‌شده شهر از ۱۵۷۳ به ۱۸۵۵ کیلومترمربع افزایش داشته و تراکم شهری از ۶۳۱۴ به ۵۴۰۵ نفر در کیلومترمربع کاهش‌یافته است. در این وضعیت خاص، سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه با کاهش تراکم شهری نیز کاهش‌یافته است. در حقیقت، کاهش گازهای گلخانه‌ای لندن به دلیل فعالیت‌های صنعتی است که از بریتانیا به سایر نقاط جهان منتقل می‌شود (شهردار لندن[3]، ۲۰۰۷).

در ایالات‌متحده، مصرف بنزین برحسب سرانه در حومه‌های شهری ۱۲ درصد پایین‌تر از متوسط ملی است. افزایش استفاده از حمل‌ونقل عمومی منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. مطالعه جدیدی نشان می‌دهد که ۱ درصد افزایش در حمل‌ونقل عمومی جهان منجر به ۰/۴۸ درصد کاهش در انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (بانک جهانی[4]، ۲۰۱۶). همچنین، سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای از حمل‌ونقل زمینی در شهر دنور (آمریکا) چهار برابر بیشتر از میزان آن در نیویورک است. به‌طور مشابه، میزان بالای وابستگی به خودروی شخصی در شهر بانکوک (تایلند) باعث شده که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برحسب سرانه از حمل‌ونقل زمینی این شهر، دو برابر بیشتر از میزان آن در شهر لندن (که شهری ثروتمندتر اما مجهز به سیستم حمل‌ونقل عمومی کامل است) باشد (مرکز سکونتگاه‌های انسانی سازمان ملل، ۲۰۱۱: ۴۱).

[1] Single-family detached housing
[2] Ewing
[3] Mayor of London
[4] World Bank

داده‌ها و روش‌ها

۱- روش پژوهش

برمبنای تقسیمات متداول پژوهش به الگوهای کاربردی، ارزیابی و بنیادی (نظری و تجربی) (حافظ نیا، ۱۳۸۹: ۵۸ و ۵۹)، پژوهش حاضر از نوع نظری و نیز کاربردی است زیرا با هدف بسط و تشریح نظریه و دانش تغییر آب‌وهوا در زمینه برنامه‌ریزی شهری انجام می‌گیرد و البته نتایج حاصل از آن در سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری قابل‌استفاده است. روش تحقیق، توصیفی- تحلیلی بوده و از مطالعه کتابخانه‌ای و منابع اینترنتی (مقالات) جهت گردآوری داده‌های تحقیق استفاده‌شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر، کلان‌شهر تهران و میزان مصرف انواع سوخت‌های فسیلی آن در یک بازه زمانی ۱۱ ساله (۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵) است.

۲- روش اجرای پژوهش

۲ – ۱ محاسبه و تحلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای در کلان‌شهر تهران به روش تولید-مبنا

هیئت بین دولتی تغییر آب‌وهوا برای سنجش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای اولین بار، یک خط‌مشی را در سال ۱۹۹۵ ارائه کرد که به IPCC 1995 guidelines مشهور است. در سال ۲۰۰۶ این روش اصلاح و بازنگری شده و IPCC 2006 guidelines نام گرفت. روش کار این خط‌مشی بدین‌صورت است که داده‌های فعالیت (مانند مصرف سوخت‌های فسیلی) در ضریب‌های انتشار ضرب شده و حاصل به دست می‌آید. به‌بیان‌دیگر:

Emission= Activity Data* Emission Factor

برای اجرای این خط‌مشی، با استفاده از آمار مصرف سوخت‌های فسیلی شرکت پخش و پالایش فرآورده‌های نفتی (بنزین موتور، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره و گاز طبیعی) و نیز کاربرد ضرایب انتشار هیئت بین دولتی تغییر آب‌وهوا، به محاسبه میزان انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن برای سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵ اقدام شده

است. بر اساس این روش هرکدام از سوخت‌های فسیلی دارای ضریب انتشار و ارزش حرارتی خالص سوخت می‌باشند که در جدول ۲ به آن اشاره‌شده است.

جدول ۲- ضرایب انتشار و ارزش حرارتی سوخت‌های فسیلی در خط‌مشی ipcc

نوع سوخت	ارزش حرارتی (GJ/M^3)	ضریب انتشار CO_2 ($kg\ CO_2/\ GJ$)	ضریب انتشار متان CH_4 ($kg\ CH_4/\ GJ$)	ضریب انتشار N_2O ($kg\ N_2O/\ GJ$)
بنزین	۳۳/۶۴	۶۹/۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۶
نفت سفید	۳۵/۹۸	۷۱/۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۶
نفت گاز	۳۷/۷۹	۷۴/۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۶
نفت کوره	۴۳/۱۸	۷۷/۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۶
گاز طبیعی	۰/۰۳۷	۵۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱

مأخذ: سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹۳

نحوه محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی بدین گونه است که مقدار مصرف سوخت‌های فسیلی در ضریب انتشار، ضرب شده و حاصل آن در ارزش حرارتی خالص سوخت ضرب می‌شود. به‌عبارت‌دیگر:

CO_2 Emission= Activity Data * Emission Factor

مثال ۱: محاسبه انتشار گاز دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف بنزین در سال ۱۳۹۲:

$3832907 * 10^3$ Litre= 3832907 M^3

CO_2 Emission= 3832907* 33.64* 69.3= 8935472076 kg or 8935472 Ton

نحوه محاسبه سایر سوخت‌های فسیلی مانند نفت سفید، نفت گاز و نفت کوره نیز بدین‌صورت است اما برای محاسبه گاز طبیعی چون‌که واحد آن برحسب مترمکعب می‌باشد به طریق دیگری عمل می‌شود.

مثال ۲: محاسبه انتشار گاز دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف گاز طبیعی در سال ۱۳۹۲:

$12916 * 10^6\ M^3$

CO_2 Emission= 12916* 0.037* 55= 26284060000 kg or 26284060 Ton

۲ – ۲ محاسبه و تحلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای در کلان‌شهر تهران به روش مصرف–مبنا

برای شروع بحث رهیافت مصرف- مبنا این پرسش‌ها مطرح است که آیا انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک کلان‌شهر، فقط مختص مصرف سوخت‌های فسیلی، درون مرزهای قراردادی تعیین‌شده توسط مسئولان شهری است؟ آیا سبک زندگی شهروندان و تقاضای آن‌ها برای مصرف کالاها و خدمات از نواحی و مناطق دیگر منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای نمی‌شود؟ در پاسخ باید گفت انتشار گازهای گلخانه‌ای فقط ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی درون مرزهای شهری نیست بلکه تقاضا برای کالاها و خدماتی که تهیه آن‌ها در خارج از مرزهای کلان‌شهر صورت می‌گیرد و برای تولید این کالاها و خدمات، انرژی صرف می‌شود، نیز منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. از سوی دیگر تولید پسماند در کلان‌شهرها نیز در انتشار گازهای گلخانه‌ای سهم دارد. کاملاً مشخص است که جمع‌آوری داده و اطلاعات درباره این رهیافت بسیار مشکل است زیرا نیاز به برداشت میدانی و مصاحبه و کسب داده‌های آماری در بخش‌های مختلف تولید و مصرف در درون و خارج از مرزهای کلان‌شهر دارد؛ بنابراین، ردپای کربن برخی از بخش‌های مصرفی در کلان‌شهر تهران که داده‌های آن‌ها موجود بوده، محاسبه‌شده است.

برای سنجش ردپای کربن در کلان‌شهر تهران از روش ارزیابی چرخه حیات[1] استفاده می‌شود. چرخه حیات دربرگیرنده تمام مراحل درگیر در تولید یک محصول از مرحله حمل‌ونقل مواد اولیه تا بسته‌بندی نهایی، توزیع و مصرف و تا مراحل پایانی تولید پسماند است. ارزیابی چرخه حیات تصویری کامل از دروندادها و بروندادها با به‌حساب آوردن آلودگی هوا، مصرف آب و تولید فاضلاب، مصرف انرژی، گازهای گلخانه‌ای منتشرشده یا هر پارامتر مشابه دیگری را عرضه می‌کند (پندی[2] و همکاران، ۲۰۱۱؛ رادو[3] و همکاران، ۲۰۱۳؛ فرانچتی و آپول، ۲۰۱۳).

[1] LCA (Life Cycle Assessment)
[2] Pandey
[3] Radu

دپارتمان محیط‌زیست، غذا و امور روستایی، ردپای کربن را در مقیاس تن معادل کربن (tco_2e) اندازه‌گیری می‌کند. لذا داده‌های جمع‌آوری‌شده باید با استفاده از استانداردهای عوامل انتشار و تبدیل عوامل انتشار به مقیاس معادل کربن، اصلاح شوند. عامل تبدیل گازهای گلخانه‌ای، اثر ترکیب‌شده‌ای از دی‌اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن را دربرمی گیرد که به‌صورت کیلوگرم یا تن معادل کربن در هر واحد از سوخت مصرفی بیان می‌شود (دپارتمان محیط‌زیست، غذا و امور روستایی[1]، ۲۰۱۲).

بحث اصلی (ارائه یافته‌ها، تجزیه، تحلیل و تفسیر آن‌ها)

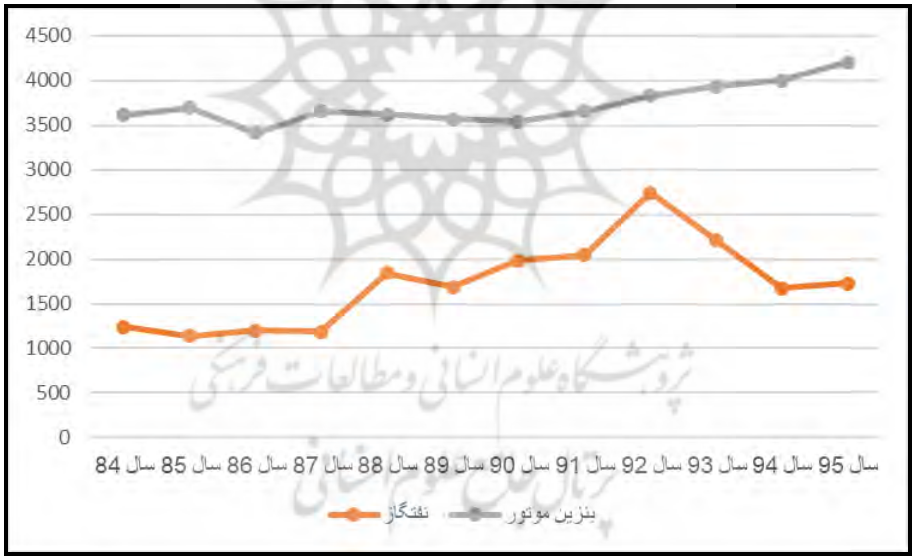
در این قسمت، ابتدا انتشار گازهای گلخانه‌ای طبق رهیافت تولید- مبنا با توجه به داده‌های موجود برای کلان‌شهر تهران محاسبه می‌شود که این اطلاعات، داده‌های مصرف انواع سوخت‌های فسیلی شامل بنزین موتور، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره برحسب هزار لیتر و گاز طبیعی برحسب میلیون مترمکعب طی سال‌های ۱۳۸۴ تا، در کلان‌شهر تهران است (جدول ۳). همان‌طور که مشخص است مصرف گاز طبیعی از ۱۲۲۰۰ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۸۴ به ۱۴۳۴۱ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۹۵ افزایش داشته است؛ اما در مورد بنزین، نفت سفید و نفت گاز، آمارها نشانگر افزایش سالیانه مصرف سوخت‌های یادشده در کلان‌شهر تهران است که در مورد بنزین موتور این افزایش از ۳۶۱۴ میلیون لیتر در سال ۱۳۸۴ به ۴۲۰۲ میلیون لیتر در سال ۱۳۹۵ بوده است (نمودار ۲). البته، در سال‌های سهمیه‌بندی بنزین، مصرف این فراورده رو به کاهش و در سال‌های بعد از ۱۳۹۲ رو به افزایش گذاشته است. درنهایت، چنین افزایشی در مصرف سوخت‌های فسیلی، به‌ویژه در بخش حمل‌ونقل ناشی از افزایش استفاده از خودروهای شخصی، گسترش زیرساخت‌های بزرگراهی، تونل‌ها و معابر شریانی است.

[1] DEFRA (Department for Environment Food and Rural Affairs)

جدول ۳- انواع سوخت مصرفی شهر تهران برحسب هزار لیتر

سال	بنزین موتور	نفت سفید	نفت گاز	نفت کوره	گاز طبیعی (میلیون مترمکعب)
۱۳۸۴	۳۶۱۴۵۶۶	۵۵۸۸۲	۱۲۳۷۲۶۹	۷۸۶۲۹	۱۲۲۰۰
۱۳۸۵	۳۶۹۴۱۴۵	۴۷۷۳۱	۱۱۳۹۲۳۷	۶۱۲۳۷	۱۳۱۱۱
۱۳۸۶	۳۴۱۰۹۶۸	۴۲۳۸۹	۱۱۹۷۷۳۵	۲۵۲۷۶۱	۱۴۰۴۹
۱۳۸۷	۳۶۵۷۹۴۱	۴۰۹۸۹	۱۱۸۸۸۹۲	۲۳۶۸۰۲	۱۳۶۳۰
۱۳۸۸	۳۶۲۴۳۴۵	۳۱۶۴۸	۱۸۳۹۶۴۰	۱۶۷۲۱۰	۱۳۳۰۰
۱۳۸۹	۳۵۶۹۹۳۱	۱۴۰۰۰۰	۱۶۸۸۹۳۸	۱۰۹۰۰۰۰	۱۳۸۷۵
۱۳۹۰	۳۵۳۸۶۱۸	۲۷۶۶۱	۱۹۸۵۶۰۱	۱۲۷۸۸۹	۱۴۲۶۲
۱۳۹۱	۳۶۵۴۶۲۰	۲۶۰۱۳	۲۰۴۳۰۹۷	۳۹۲۷۳۲	۱۱۸۷۰
۱۳۹۲	۳۸۳۲۹۰۷	۴۶۴۶۹	۲۷۴۲۵۶۷	۲۶۶۷۶۱	۱۲۹۱۶
۱۳۹۳	۳۹۳۴۸۸۸	۱۷۳۶۵	۲۲۱۶۵۴۵	۱۰۷۳۶۹	۱۳۱۳۳
۱۳۹۴	۳۹۹۹۲۱۳	۶۴۱۱۹	۱۶۷۰۸۱۲	۱۹۴۶۱	۱۳۵۷۸
۱۳۹۵	۴۲۰۲۹۴۵	۷۶۵۴۶	۱۷۲۸۷۶۳	۷۶۴۰۵	۱۴۳۴۱

مأخذ: آمارنامه شهر تهران، ۱۳۹۵؛ شرکت پخش فراورده‌های نفتی تهران، ۱۳۹۰ و ۹۱ و ۹۳ و ۹۵



نمودار ۲- روند مصرف بنزین و نفت گاز شهر تهران طی دوره ۸۴ تا ۹۵

جدول ۴ نشان می‌دهد که روند انتشار گازهای گلخانه‌ای در کلان‌شهر تهران از سال ۸۴ تا ۹۵ کاملاً صعودی است. با توجه به اینکه گاز طبیعی در ساختمان‌های مسکونی، تجاری و عمومی و همچنین در سال‌های اخیر در بخش حمل‌ونقل کاربرد دارد،

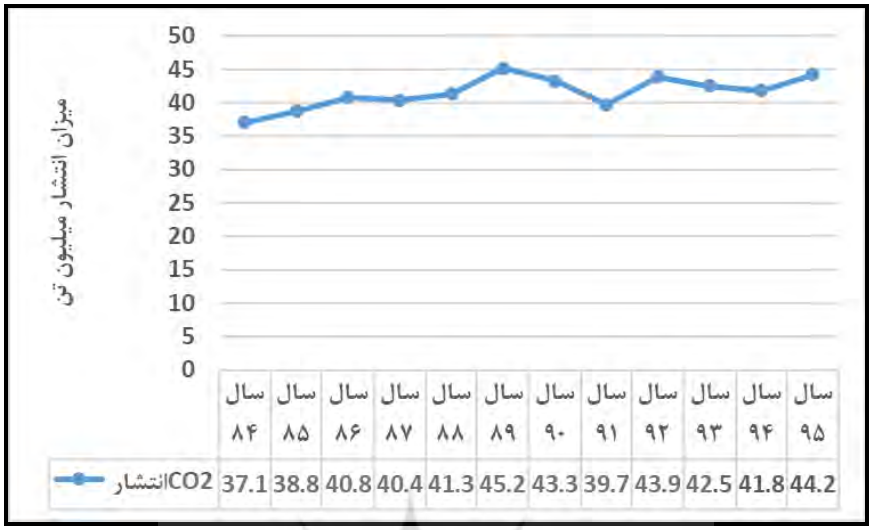
بیشترین حجم انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به این سوخت فسیلی است. بعدازآن سهم انتشار نفت گاز و بنزین، جالب‌توجه است که عمدتاً از بخش حمل‌ونقل منتشر می‌شوند، به‌طوری‌که انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف بنزین از ۸/۴ میلیون تن در سال ۱۳۸۴ به ۹/۷ میلیون تن در سال ۱۳۹۵ رسیده است. همچنین انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از نفت گاز از ۳/۴ میلیون تن در سال ۱۳۸۴ به ۴/۸ میلیون تن در سال ۱۳۹۵ افزایش داشته است. به‌طورکلی، با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که بیشترین میزان و رشد مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در کلان‌شهر تهران مربوط به بخش‌های کاربری زمین (بخش خانگی، تجاری و عمومی) و حمل‌ونقل است.

جدول ۴- انتشار دی کسید کربن ناشی از سوخت‌های فسیلی در تهران (کیلوگرم)

سال	بنزین موتور	نفت سفید	نفت گاز	نفت کوره	گاز طبیعی	جمع کل گاز دی‌اکسید کربن در سال (کیلوگرم)
۱۳۸۴	۸۴۲۶۴۶۴۲۰۰	۱۴۴۵۶۴۶۱۰	۳۴۶۴۶۴۸۹۰۷	۲۶۲۷۸۸۴۹۷	۲۴۸۲۷۰۰۰۰۰۰	۳۷۱۲۵۴۶۶۲۱۴
۱۳۸۵	۸۶۱۱۹۸۲۹۳۳	۱۲۳۴۷۸۲۸۳	۳۱۹۰۱۳۵۸۷۸	۲۰۴۶۶۲۱۳۷	۲۶۶۸۰۸۸۵۰۰۰	۳۸۸۱۱۱۴۴۲۳۱
۱۳۸۶	۷۹۵۱۸۲۶۰۰۵	۱۰۹۶۵۸۷۳۲	۳۳۵۳۹۴۴۲۵۹	۸۴۴۷۶۰۶۲۶	۲۸۵۸۹۷۱۵۰۰۰	۴۰۸۴۹۹۰۴۶۲۲
۱۳۸۷	۸۵۲۷۵۸۲۲۵۶	۱۰۶۰۳۶۹۸۵	۳۳۲۹۱۸۱۷۴۵	۷۹۱۴۲۳۵۴۱	۲۷۷۳۷۰۵۰۰۰۰	۴۰۴۹۱۲۷۴۵۲۷
۱۳۸۸	۸۴۴۹۲۶۱۵۴۴	۸۱۸۷۲۱۷۳	۵۱۵۱۴۳۱۶۴۷	۵۵۸۸۳۷۸۹۱	۲۷۰۶۵۵۰۰۰۰۰	۴۱۳۰۶۹۰۳۲۵۵
۱۳۸۹	۸۳۲۲۴۰۸۷۹۵	۳۶۲۱۷۴۶۸۰	۴۷۲۹۴۳۰۰۵۶	۳۶۴۲۹۲۳۸۸۰	۲۸۲۳۵۶۲۵۰۰۰	۴۵۲۹۲۵۶۲۴۱۱
۱۳۹۰	۸۲۴۹۴۱۰۳۲۲	۷۱۵۵۷۹۵۵	۵۵۶۰۱۵۷۳۵۹	۴۲۷۴۲۱۹۱۹	۲۹۰۲۳۱۷۰۰۰۰	۴۳۳۳۱۷۱۷۵۵۵
۱۳۹۱	۸۵۱۹۴۸۰۱۹۸	۶۷۲۹۴۶۴۲	۵۷۲۱۱۵۹۹۰۰	۱۳۱۲۵۶۲۱۸۵	۲۴۱۵۵۴۵۰۰۰۰	۳۹۷۷۵۹۴۶۹۲۵
۱۳۹۲	۸۹۳۵۴۷۲۰۷۶	۱۲۰۲۱۳۵۳۷	۷۶۷۹۸۴۳۰۷۴	۸۹۱۵۵۰۴۷۵	۲۶۲۸۴۰۶۰۰۰۰	۴۳۹۱۱۱۳۹۱۶۲
۱۳۹۳	۹۱۷۳۲۱۵۵۲۰	۴۴۹۲۲۵۹۵	۶۲۰۶۸۵۵۷۵۴	۳۵۸۸۴۱۳۷۰	۲۶۷۲۵۶۵۵۰۰۰	۴۲۵۰۹۴۹۰۲۳۹
۱۳۹۴	۹۳۲۳۱۷۳۳۰۵	۱۶۵۸۷۳۴۱۶	۴۶۷۸۶۷۲۹۲۴	۶۵۰۴۱۲۳۰	۲۷۶۳۱۲۳۰۰۰۰	۴۱۸۶۳۹۹۰۸۷۵
۱۳۹۵	۹۷۹۸۱۲۳۹۳۷	۱۹۸۰۲۱۵۹۳	۴۸۴۰۹۴۹۵۷۴	۲۵۵۳۵۵۵۹۵	۲۹۱۸۳۹۳۵۰۰۰	۴۴۲۷۶۳۸۵۶۹۹

منبع: یافته‌های پژوهش

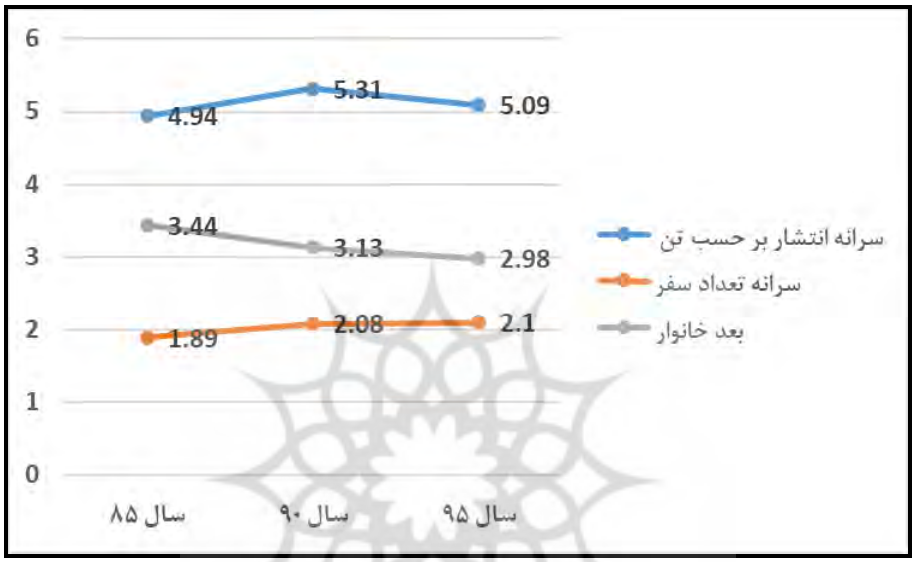
در نمودار ۳ روند انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن در کلان‌شهر تهران از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۹۵ به تصویر درآمده، به‌طوری‌که در ابتدای دوره، میزان انتشار دی‌اکسید کربن ۳۷ میلیون بوده اما با گذشت ۱۲ سال این رقم، به ۴۴ میلیون تن در سال ۱۳۹۵ رسیده است.



نمودار ۳- انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در کلان‌شهر تهران (میلیون تن)

نمودار ۴ نشان می‌دهد که سرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای کلان‌شهر تهران در حال افزایش است به‌طوری‌که از ۴/۹۴ تن به ازای هر شهروند در سال ۱۳۸۵ به ۵/۳۱ تن در سال ۱۳۹۰ و درنهایت ۵/۰۹ تن در سال ۱۳۹۵ رسیده است؛ اما در همین بازه زمانی، نرخ رشد جمعیت تهران افزایش چندانی نداشته و از نرخ ۰/۷۶ در دوره ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ به نرخ رشد ۱/۳۰ در دوره ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ رسیده است. البته می‌توان گفت که افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کلان‌شهر تهران صرفاً ناشی از افزایش جمعیت نیست بلکه ناشی از دگرگونی در سبک زندگی شهری نیز است؛ زیرا سرانه تعداد سفر نیز افزایش داشته و از ۱/۸۹ سفر به ازای هر شهروند در سال ۱۳۸۵ به ۲/۰۸ و ۲/۹۸ سفر در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ رسیده است. این موضوع زمانی اثبات خواهد شد که بعد خانوار در کلان‌شهر تهران روندی کاهشی داشته و از ۳/۴۴ در سال ۱۳۸۵ به ۳/۱۳ در سال ۱۳۹۰ و ۲/۹۸ در سال ۱۳۹۵ رسیده است؛ زیرا کاهش بعد خانوار موجب تشکیل خانوارهای جدید و افزایش هزینه و مصرف انرژی برحسب سرانه می‌شود.

درواقع اولویت دادن به دسترسی خودرو- محور و رشد پراکنده شهری موجب دگرگونی سبک زندگی شهروندان تهرانی، تمایل به استفاده بیشتر از خودروی شخصی[۱] و گرایش به خانوارهای کوچک‌تر و درنتیجه افزایش سرانه مصرف انرژی می‌شود که پیامد آن افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای است.



نمودار ۴- مقایسه سرانه انتشار گازکربنیک با بعد خانوار و سرانه تعداد سفر

در ادامه، بر اساس رهیافت مصرف- مبنا میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای کلان‌شهر تهران محاسبه می‌شود. داده‌های مصرف شامل انواع سوخت‌های فسیلی (بنزین موتور، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره، گاز طبیعی، تصفیه و توزیع آب، برق، پسماند و فاضلاب) هست.

[۱] . برای نمونه، در سال ۱۳۸۴، کلانشهر تهران تنها ۲۰۲ کیلومتر بزرگراه بهره‌برداری شده داشته که این رقم در سال ۱۳۹۳ به ۶۰۰ کیلومتر رسیده است. همچنین تعداد پلها و تقاطع‌های غیرهمسطح در کلانشهر تهران در سال ۱۳۸۴ حدود ۱۷۲ عدد بوده که این رقم در سال ۱۳۹۳ به تعداد ۴۱۳ عدد رسیده است. اما مجموع ایستگاه‌های مترو (۱۱۰) و بی‌آرتی (۲۳۷) در سال ۱۳۹۳ تعداد ۳۴۷ ایستگاه می باشد که بسیار کمتر از تعداد ۴۱۳ عدد پل و تقاطع غیرهمسطح می باشد. این ارقام نشان‌دهنده اولویت دادن به دسترسی خودرو محور در نظام مدیریت و برنامه‌ریزی کلانشهر تهران است (برگرفته از آمارنامه شهر تهران در سالهای ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳).

با توجه به جدول ۵ عوامل تبدیل منابع انتشار برحسب واحد ذکرشده است. همچنین ضرایب انتشار هر نوع سوخت مصرفی و همچنین، برق، پسماند و فاضلاب نیز ذکرشده که برای به دست آوردن میزان ردپای کربن در هر بخش، شاخص میزان مصرف در کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۲ در ضریب انتشار ضرب شده و مقدار دی‌اکسید کربن برحسب کیلوگرم به‌دست‌آمده است.

جدول ۵- عوامل تبدیل منابع انتشار برحسب واحد و محاسبه ردپای کربن کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۲

نوع منبع	واحد	kg CO_2-e per unit	میزان مصرف در سال ۹۲	کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن
بنزین	لیتر	۲/۷۷۸۲	۳۸۳۲۹۰۷۰۰۰	۱۰۶۴۸۵۸۲۲۲۷
نفت سفید	لیتر	۲/۶۹۵۱	۴۶۴۶۹۰۰۰	۱۲۵۲۳۸۶۰۱
نفت گاز	لیتر	۳/۶۰۲۸	۲۷۴۲۵۶۷۰۰۰	۹۸۸۰۹۲۰۳۸۸
نفت کوره	لیتر	۳/۸۳۶۹	۲۶۶۷۶۱۰۰۰	۱۰۲۳۲۹۵۱۹۶
گاز طبیعی	مترمکعب	۲/۲۴۲۲	۱۲۹۱۶۰۰۰۰۰۰	۲۸۹۶۰۲۵۵۲۰۰
برق	کیلووات ساعت	۰/۵۸۹۸۲	۱۷۶۲۶۷۹۵۰۰۰	۱۰۳۹۶۶۳۶۲۲۷
تصفیه و توزیع آب	مترمکعب	۰/۷۰۸۵	۱۰۴۶۷۴۹۰۰۰	۷۴۱۶۲۱۶۶۶
پسماند	تن	۱۷۷	۲۷۲۴۰۰۰	۴۸۲۱۴۸۰۰۰
فاضلاب	لیتر	۱/۵۵	۸۳۷۳۹۹۲۰۰	۱۲۹۷۹۶۸۷۶۰
جمع کل	-	-	-	**۶۳۵۵۶۶۶۳۵۵۰**

(دپارتمان محیط‌زیست، غذا و امور روستایی ۲۰۱۲ و یافته‌های پژوهش)

با توجه به جدول ۵ مقدار کل انتشار دی‌اکسید کربن در سال ۱۳۹۲ در کلان‌شهر تهران عدد ۶۳۵۵۶۶۶۳ تن یا ۶۳ میلیون تن بوده که برای محاسبه سرانه ردپای کربن در کلان‌شهر تهران، مقدار انتشار کربن در سال ۱۳۹۲ یعنی ۶۳۵۵۶۶۶۳ تن بر جمعیت شهر تهران، تقسیم می‌شود که عدد ۷/۷۷ تن به ازای هر شهروند تهرانی به دست می‌آید؛ یعنی ردپای کربن هر شهروند تهرانی ۷/۷۷ تن در سال است که رقم بسیار بالایی است.

همچنین مطابق جدول شماره ۵، در سال ۱۳۹۲، بیشترین ردپای کربن سوخت‌های فسیلی در کلان‌شهر تهران به ترتیب مربوط به گاز طبیعی با ۲۸ میلیون تن، بنزین با ۱۰/۶ میلیون تن، برق با ۱۰/۳ میلیون تن، نفت گاز با ۹/۸ میلیون تن می‌باشد (نمودار ۵). بخش‌های فاضلاب، زباله و تصفیه و توزیع آب ارقام کمتری را به خود اختصاص داده و بخش‌های کاربری زمین و حمل‌ونقل بیشترین مقدار انتشار کربن در کلان‌شهر تهران را باعث می‌شوند. درواقع اولویت دادن به دسترسی خودرو- محور از طریق ایجاد و گسترش شبکه‌های بزرگراهی، منجر به گسترش و رشد افقی و پراکنده شهر تهران با غلبه کاربری مسکونی و شبکه معابر شده که این امر، به‌نوبه خود افزایش مساحت محیط انسان‌ساخت شهری[۱] و کاهش فضاهای سبز و باز[۲] را در پی داشته است. درنهایت مجموعه این عوامل با الگوی تولید و مصرف مبتنی بر سوخت‌های فسیلی همراه شده و انتشار گازهای گلخانه‌ای با سرانه بالا را در کلان‌شهر تهران سبب شده است.

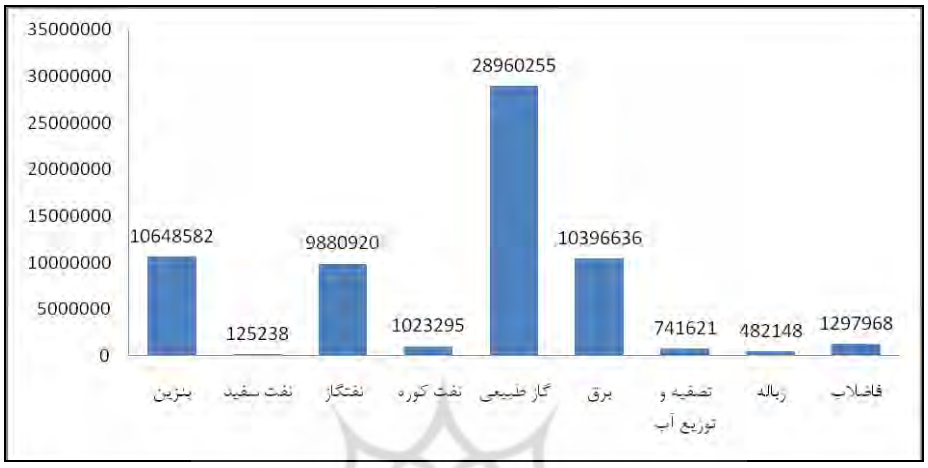
برای مقایسه سرانه انتشار کلان‌شهر تهران با سایر کلان‌شهرها، میزان انتشار دی‌اکسید کربن کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۵ (۴۴ میلیون تن) با ردپای کربن سال ۱۳۹۲(۶۳ میلیون تن) باهم جمع و تقسیم بر دو گردید و عدد حاصل از لحاظ واحد (برحسب هزار تن) با اعداد جدول ۵ هم‌طراز شد که با تقسیم بر جمیعت سرشماری ۱۳۹۵، سرانه ۶/۲ تن به ازای هر شهروند به دست آمد. سرانه بسیار بالای کلان‌شهر تهران در انتشار دی‌اکسید کربن موجب شده است که این کلان‌شهر بالاتر از

---

[۱] . برای مثال، نسبت سطوح نفوذناپذیر (فضاهای ساخته شده) به سطوح نفوذپذیر (ساخته نشده) در کل شهر تهران از ۰/۵۹ در سال ۱۳۶۷ به ۱/۵۷ در سال ۱۳۸۹ رسیده و بیش از ۲/۵ برابر شده است. در کل، این شاخص نشان دهنده افزایش بسیار زیاد وسعت مناطق تولید کننده جزایر حرارتی در فاصله زمانی ۲۲ ساله‌ای است که تفسیر پوشش سطح زمین شهر تهران در آن انجام گرفته است (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۲).

[۲] . همچنین، تغییرات فضای سبز شهری بر حسب هکتار در کلانشهر تهران طی دوره ۲۲ ساله (از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۹) نشان می دهد که ۴۰۰۰ هکتار از وسعت این فضاها کاسته شده است که نرخ رشد آن ۲۸- درصد است. کاهش فضاهای سبز و باز شهری موجب کاستن از ظرفیت ترسیب کربن می شود (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۹۲).

کلان‌شهرهای بزرگ و پرجمعیتی چون ریودوژانیرو، سئول، بانکوک، بوینس آیرس، هنگ‌کنگ و لندن قرار گیرد.



نمودار ۵ – ردپای کربن بخش‌های مصرف‌کننده سوخت‌های فسیلی در کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۲

جدول ۶– مقایسه کلان‌شهرها بر پایه انتشار دی‌اکسید کربن برحسب سرانه از کمترین به بیشترین

رتبه	کلان‌شهرها	انتشار CO_2 برحسب هزار تن	سرانه انتشار (تن)	رتبه	کلان‌شهرها	انتشار CO_2 برحسب هزار تن	سرانه انتشار (تن)
۱	داکا	۴۲۷۰۰۰۰	۰/۶۳	۹	بانکوک	۴۲۷۵۰۰۰۰	۵/۴۶
۲	سائوپائولو	۱۵۷۸۷۷۹۶	۱/۴۰	۱۰	یوکوهاما	۲۱۲۲۳۰۰۸	۵/۷۷
۳	ریودوژانیرو	۱۱۷۰۶۰۰۰	۱/۸۵	۱۱	برلین	۱۹۹۴۸۰۰۰	۵/۸۲
۴	بوگوتا	۱۵۹۲۱۶۹۰	۲/۱۳	۱۲	لندن	۴۵۲۳۴۰۰۰	۵/۸۳
۵	جاکارتا	۳۳۲۵۰۰۰۰	۳/۴۷	۱۳	هنگ‌کنگ	۴۲۰۰۰۰۰۰	۵/۹۱
۶	سئول	۵۰۳۳۰۳۵۶	۴/۷۶	۱۴	تهران	۵۳۹۱۶۵۲۴	۶/۲۰
۷	ژوهانسبورگ	۱۹۸۱۹۹۷۲	۵/۱۰	۱۵	نیویورک	۵۲۷۷۴۴۶۰	۶/۴۶
۸	بوینس آیرس	۱۵۶۸۳۸۴۶	۵/۲۹	۱۶	توکیو	۶۷۹۶۲۳۹۵	۷/۶۵

(اسپیواک[1]، ۲۰۱۱؛ و محاسبه نگارندگان برای کلان‌شهر تهران)

[1] Spivak

نتیجه‌گیری

شهرها بیشترین میزان انرژی جهان را مصرف می‌کنند و در پی آن مسئول نسبت بزرگی از انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشند. رشد سریع جمعیت و فعالیت در کلان‌شهرهای ایران همراه با تقاضای روزافزون انرژی (متکی بر سوخت‌های فسیلی) موجب رشد شتابان انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است که در تغییر آب‌وهوای جهانی تأثیر فراوان دارد.

هدف این تحقیق، تحلیل رهیافت سنجش انتشار گازهای گلخانه‌ای در نواحی شهری (رهیافت تولید- مبنا و مصرف- مبنا) و مقایسه نظری آن‌ها و سپس اجرای روش‌های یادشده در کلان‌شهر تهران است.

نتایج پژوهش نشان‌دهنده افزایش سرانه انتشار دی‌اکسید کربن در کلان‌شهر تهران در یک بازه زمانی ۱۰ ساله است (سرانه ۵.۰۹ تن به ازای هر شهروند در سال ۱۳۹۵).

اما در همین بازه زمانی، نرخ رشد جمعیت تهران افزایش چندانی نداشته است. پس می‌توان گفت افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در کلان‌شهر تهران صرفاً ناشی از افزایش جمعیت نیست زیرا اندازه جمعیت به‌خودی‌خود یک عامل مهم گرمایش جهانی نیست. در سطح جهانی، نواحی که بالاترین نرخ رشد جمعیت را تجربه می‌کنند، سطوح پایین‌تری از انتشار گازهای گلخانه‌ای را برحسب سرانه دارند. درحالی‌که کشورهای توسعه‌یافته با کمترین نرخ رشد جمعیت، بالاترین نرخ انتشار دی‌اکسید کربن را دارا هستند (مرکز سکونتگاه‌های انسانی سازمان ملل، ۲۰۱۱: ۵۳)؛ بنابراین افزایش سرانه انتشار در تهران ناشی از دگرگونی در سبک زندگی شهری است؛ زیرا سرانه تعداد سفر نیز افزایش داشته و از ۱/۸۹ سفر به ازای هر شهروند در سال ۱۳۸۵ به ۲/۰۸ و ۲/۹۸ سفر در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ رسیده است. نتایج این بخش از پژوهش با نتایج پژوهش براتی و سردره (۱۳۹۲) در کلان‌شهر تهران مطابقت دارد. همچنین با استفاده از رهیافت مصرف- مبنا، سرانه ردپای کربن در کلان‌شهر تهران محاسبه‌شده که عدد

۷/۷۷ تن به ازای هر شهروند تهرانی به دست می‌آید؛ یعنی ردپای کربن هر شهروند تهرانی ۷/۷۷ تن در سال است که رقم بسیار بالایی است.

مقایسه دو روش خط‌مشی IPCC (رهیافت تولید- مبنا) و ردپای کربن (رهیافت مصرف- مبنا) گویای نتایج زیر است:

۱) ردپای کربن (رهیافت مصرف- مبنا) علاوه بر سوخت‌های فسیلی، انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف برق، تصفیه و توزیع آب، پسماند و فاضلاب را نیز محاسبه می‌کند درحالی‌که خط‌مشی IPCC (رهیافت تولید- مبنا) فقط انتشار حاصل از سوخت‌های فسیلی را محاسبه می‌کند؛ بنابراین، کامل‌تر و دربرگیرنده‌تر از خط‌مشی IPCC است.

۲) از سوی دیگر، ارقام به‌دست‌آمده از خط‌مشی IPCC دقیق‌تر است زیرا علاوه بر ضرایب انتشار، ارزش حرارتی خالص سوخت را نیز به‌حساب می‌آورد و روشی بین‌المللی برای سنجش انتشار گازهای گلخانه‌ای در مقیاس ملی و جهانی است.

۳) محاسبه ردپای کربن، نیازمند پایگاه اطلاعاتی دقیق و به‌روز می‌باشد و برداشت داده در این شیوه متکی به روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی است که نیازمند صرف وقت و هزینه‌های زیادی است.

۴) سرانه بسیار بالای کلان‌شهر تهران در انتشار دی‌اکسید کربن موجب شده است که این کلان‌شهر بالاتر از کلان‌شهرهای بزرگ و پرجمعیتی چون ریودوژانیرو، سئول، بانکوک، بوینس آیرس، هنگ‌کنگ و لندن قرار گیرد.

۵) درنهایت، هر دو رهیافت تولید- مبنا و مصرف- مبنا برای محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای شهری موردنیاز هستند.

همچنین توصیه‌های کاربردی و سیاست‌گذاری شهری این پژوهش برای کلان‌شهر تهران به شرح موارد زیر است:

- ایجاد نهاد مدیریت یکپارچه شهر و منطقه برای مسائل محیط‌زیست، حمل‌ونقل و توسعه شهری؛

- تقویت مراکز چندگانه شهری در منطقه کلان‌شهری با تناسب بین جمعیت و فرصت‌های اشتغال در هر یک؛
- اتخاذ سیاست‌های دربرگیرنده، جامع، یکپارچه و کل‌نگر در مسائل حمل‌ونقل و توسعه شهری و پرهیز از سیاست‌های مقطعی، موردی، بخشی و جزءنگر؛
- اجرای طرح‌های نوسازی مساکن موجود و توسعه جدید شهری برای افزایش کارایی انرژی در شهر؛
- کاربرد برنامه‌ریزی کاربری زمین برای افزایش کارایی مصرف انرژی در بخش ساختمان و حمل‌ونقل؛
- توسعه شهری در بافت‌های قدیمی و نواحی تنزل یافته برای تشویق افزایش تراکم و توسعه مختلط؛
- تلفیق برنامه‌ریزی کاربری زمین با سامانه حمل‌ونقل، همراه با اولویت دادن به حمل‌ونقل عمومی؛
- اقداماتی با هدف افزایش تقاضا برای حمل‌ونقل عمومی، پیاده و دوچرخه و کاهش تقاضا برای خودروها؛
- تعویض سوخت‌های فسیلی مورداستفاده ناوگان حمل‌ونقل عمومی و استفاده از سوخت‌های پاک و انرژی‌های تجدید پذیر.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

Bai, X. (2007). Industrial ecology and the global impacts of cities. Journal of Industrial Ecology, 11(2),1–6.

Barati, N., and Sardareh, A. (2013). Effects of urban form on automobile dependency and energy consumption in Tehran residential regions. Journal of Bagh-e-Nazar, 10 (26), 3 – 12. (in Farsi).

Betsill, M., and Bulkeley, H. (2007) 'Looking back and thinking ahead: A decade of cities and climate change research'. Local Environment, 12(5), 447–456.

Colenbrander, S., Gouldson, A., Roy, J., Kerr, N., Sarkar, S., Hall, S., Sudmant, A., Ghatak, A., Chakravarty, D., Ganguly, D., and Mcanulla, F.

(2017). Can low-carbon urban development be pro-poor? The case of Kolkata, India. Environment & Urbanization, 29 (1),139–158.

Davis, S.J and Caldeira, K. (2010). Consumption-based accounting of CO_2 emissions. Proc. Natl. Acad. Sci, 107, 5687–5692.

DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). (2012). What is adaptation? Department for Environment. Food and Rural Affairs website. Available via http://www.defra. gov.uk/environment/climate/adaptation/what.htm. Cited Feb 2010

Department of environment. (2014). An overview of greenhouse gas emissions inventory calculation. Tehran: National Climate Change Office. (in Farsi).

Dhakal, S. (2004). Urban Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in Asian Mega-Cities: Policies for Sustainable Future, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.

Ewing, R., K. Bartholomew, S. Winkelman, J. Walters and D. Chen. (2008). Growing Cooler: The Evidence on Urban Development and Climate Change, Urban Land Institute, Washington, DC.

Fan, J.L., Hou, Y.B., Wang, Q., Wang, C., Wei, Y.M. (2016). Exploring the characteristics of production-based and consumption-based carbon emissions of major economies: A multiple dimension comparison. Appl. Energy, 184, 790–799.

Franchetti, M., and Apul, D. (2013). Carbon footprint analysis: concepts, methods, implementation and case studies, CRC Press: Taylor & Francis Group. First edition.

Hafeznia, M. (2010). Research method in humanities, Tehran: Samt publication. (in Farsi).

Hertwich, E., and Peters G. (2009). 'Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis', Environmental Science & Technology, 43(16), 6414–6420.

IEA. (2012). World Energy Outlook 2012. Paris: International Energy Agency (IEA). 668 Pages.

(IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Chapter 8, Urban Areas. 113 pages.

Jiang, L. and Hardee K. (2009). 'How do recent population trends matter to climate change'. Population Research and Policy Review, 30 (2), 287-312.

Jakob, M., Steckel, J.C., Edenhofer, O. (2014). Consumption- versus production-based emission policies. Annu. Rev. Resour. Econ, 6, 297–318.

Mayor of London. (2007). Action Today to Protect Tomorrow: The Mayor's Climate Change Action Plan, Greater London Authority, London.

Mehrotra, S., B. Lefevre, R. Zimmerman, H. Gerçek, K. Jacob, S. Srinivasan. (2011). Climate change and urban transportation systems. Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network, C. Rosenzweig, W. D. Solecki, S. A. Hammer, S. Mehrotra, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 145–177.

Mohammadnejad, A and Sarrafi, M. (2014). Mitigating Global Climate Change and Urban planning Implications: A Problem Statement for Tehran Metropolis. Journal of Environmental Sciences, 12 (1), 35-48. (in Farsi).

National Iranian Oil Product Distribution Company, Statistics of energy-producing oil products, Tehran: National Iranian Oil Product Distribution Company publishing, from 2007 to 2016. (in Farsi).

-North, P., Nurse, A., and Barker, T. (2017). The neo-liberalization of climate? Progressing climate policy under austerity urbanism. Environment and Planning A, 49(8), 1797–1815.

Pandey, D., Agrawal., Pandey, J.S. (2011). Carbon footprint: current methods of estimation. Environ Monit Assess, 178, 135–160.

Peters, G. (2008) 'From production-based to consumption-based national emission inventories. Ecological Economics, 65(1), 13–23.

Radu., L, Scrieciu., A., Caracota, M. (2013). Carbon Footprint Analysis: Towards a Projects Evaluation Model for Promoting Sustainable Development. Procedia Economics and Finance, 6, 353– 363.

Rezaei, F., Falahatkar, S., Dadashpoor, H. (2018). Quantifying the relationship between carbon dioxide emission in relation to the compactness dimension of urban form. Journal of Environmental Sciences, 16 (2), 31 - 48. (in Farsi).

Satterthwaite, D. (2009). 'The implications of population growth and urbanization for climate change'. Environment and Urbanization, 21(2), 545–567.

Satterthwaite, D. (2010). The Contribution of Cities to Global Warming and their Potential Contributions to Solutions. Environment and Urbanization, 1(1),1–12.

Spivak J. Top 10 Global Cities with Lowest Greenhouse Gas Emissions, http://urbanland. uli.org/articles/2011/nov/spivakglobal, (accessed: November 17, 2011).

Tehran city statistics, Tehran Information and Communication Technology Organization. Tehran: Information and Communication Technology Organization Publishing; 2006, .2009 and 2016. (in Farsi).

Tehran Urban Planning and Research Center, (2011). Tehran City State of Environment, Deputy of studies and planning for infrastructure and

comprehensive plan. Tehran Urban Planning and Research Center publishing. (in Farsi).

Tehran Urban Planning and Research Center, (2013). Tehran City State of Environment, Deputy of studies and planning for infrastructure and comprehensive plan. Tehran Urban Planning and Research Center publishing. (in Farsi).

Tu, Yong. (2018). Urban debates for climate change after the Kyoto Protocol. Urban Studies, 55(1), 3–18.

UNEP, (2011). Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, Accessible: www.unep.org/greeneconomy

UNEP, UN-Habitat and World Bank, (2010). Draft International Standard for Determining Greenhouse Gas Emissions for Cities, presented at 5th World Urban Forum, Rio de Janeiro, Brazil, March 2010, www.unep.org/urban_environment/PDFs/ InternationalStd-GHG.pdf, last accessed 6 October 2010.

UN Habitat, (2011). Cities and climate change, Global report on human settlements, First published by Earthscan, London & Washington, DC.

UN Habitat. (2016). World cities report 2016: Urbanization and Development, Emerging Future. Nairobi, Kenya.

UN Habitat. (2017). Sustainable urbanization in the Paris agreement, comparative review for urban content in the Nationally Determined Contributions (NDCs). Nairobi, October 2017.

VandeWeghe, J. R. and Kennedy, C. (2007). A spatial analysis of residential greenhouse gas emissions in the Toronto Census Metropolitan Area. Journal of Industrial Ecology, 11(2), 133–144.

Wackernagel, M., & Rees, W. E. (1996). Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth. Gabriola Iisland, BC: New Society Publishers.

Wackernagel, M., Kitzes J., Moran, D., Goldfinger S., and Thomas, M. (2006). The ecological footprint of cities and regions: Comparing resource availability with resource demand. Environment and Urbanization, 18(1), 103–112.

World Bank. (2016). Climate change action plan 2016 – 2020, World Bank, Washington, DC.

The Journal of Geographical Research on Desert Areas
8th Year – No. 1- Spring and Summer 2020
Original Research Article

An analysis of greenhouse gas emissions in urban areas: A case study of Tehran metropolis

Sedigheh Lotfi[1], Professor of Geography & Urban Planning, Faculty of Humanity and Social Sciences, University of Mazandaran
Ali Mohammadnejad, PhD in Geography & Urban Planning, University of Shahid Beheshti

Received: 02-10-2019 Accepted: 13-07-2020

Abstract

Climate change is the result of human activities such as fossil fuel consumption and land use changes. While cities occupy only two percent of the Earth surface, they account for 71 to 76 percent of global carbon dioxide emissions. Since the pattern of production and consumption in the Iranian economy is based on fossil fuels, the concentration of population and activity in metropolises has increased the consumption of these fuels and the centralized emission of greenhouse gases. The purpose of the present study is to analyze and compare production-based and consumption-based approaches for measuring greenhouse gas emissions in urban areas and then implementing them in Tehran metropolis. The research method is descriptive-analytical, and the data are collected through documentary studies. The 1995 IPCC guidelines are used to measure greenhouse gas emissions. The statistical population of the study is Tehran metropolis and its fossil fuel consumption in a period of 11 years (2005 to 2016). Tehran has high per capita emissions of greenhouse gases, which is due to its pattern of production, distribution and consumption based on fossil fuels and associated lifestyles. This has turned the city into the largest emitter of these gases. The results of calculations with the IPCC (Production-Based Approach) show a per capita increase in the CO2 emissions of Tehran over a 10-year period (4.94 and 5.09 tons per citizen in 2006 and 2016). Also, using a consumption-based approach, the per capita carbon footprint of each citizen emerges to be 7.77 tons per year. Finally, the carbon dioxide emissions per capita of the city is compared with some other metropolises in the world. The results show that the per capita emissions in Tehran are higher than in other large metropolitan areas such as Rio de Janeiro, Seoul, Bangkok, Buenos Aires, Hong Kong and London.

Keywords: Greenhouse gases, Production-based approach, Consumption-based approach, Tehran metropolis.

[1] Corresponding Author Email: s.lotfi@umz.ac.ir