فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره اول، بهار ۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۲

ایرج تیموری، استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تبریز، پردیس بین المللی ارس
فاطمه سالاروندیان، دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تهران
دکتر کرامت الله زیاری، استاد درگروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

I. Teimouri
F. Salarvandian
K. Ziari

E-mail: irajteimouri@yahoo.com

شماره مقاله: ۹٤۷ **صص: ۲۰٤-۱۹۳**
وصول: ۹۲/۲/۲۸ **پذیرش: ۹۲/۹/۱۲**

ردّ پای اکولوژیک گاز دی اکسید کربن سوخت‌های فسیلی شهر شیراز

چکیده

در سال‌های اخیر مسائلی چون: افزایش سطح گازهای گلخانه‌ای، تخریب محیط زیست و جنگل زدایی به همراه کاهش ظرفیت زیستی کره زمین برای پاسخگویی به نیازهای بشر از مهمترین دغدغه‌های جهانی بوده است. گاز دی اکسید کربن به عنوان عاملی مهم و مؤثر در گرمایش جهانی و تغییراقلیم، مسؤول ۶۰ درصد گرم شدن جهان یا اثر گلخانه ای شناخته شده است. مهمترین منبع انتشار این گاز سوخت های فسیلی چون: بنزین، نفت و گازوئیل است که برای تولید انرژی، بخصوص در مناطق شهری به‌کارگرفته می شود. مصرف بیش از ظرفیت محیط این سوخت‌ها به بروز مشکلات زیست- محیطی بی شماری منجر شده است. تحقیقات نشان می دهد یکی از مؤثرترین راه ها برای کاهش میزان CO_2 اتمسفر، افزایش فضای سبز و جنگلکاری در شهرهاست. هدف از این پژوهش، محاسبه مقدار اراضی جنگلی برای جذب میزان گاز CO2 منتشره شده از سوخت های فسیلی با استفاده از روش جاپای اکولوژیک (EF) است. باتوجه به آنکه یکی از مهمترین وظایف شهرداری ها حفظ و توسعه فضای سبز در شهرهاست، این مقاله با محاسبه جاپای اکولوژیک (EF) گاز CO_2، میزان انتشار این گاز طی سال های ۱۳۸۵ تا۱۳۸۷ در سطح کلانشهر شیراز را بررسی کرده است. در ابتدا برای تخمین حجم گاز co2 منتشر شده، از روش IPCC استفاده گردید. بنابراین، ابتدا میزان مصرف سالانه بنزین و گازوئیل، میزان گاز دی اکسید کربن تولید شده و سپس میزان زمین(مترمربع/ هکتار)تأمین کنندهٔ آن مقدار مصرف، یا جای پای اکولوژی (EF) این گاز محاسبه گردید. در طول پژوهش روشن شد سرانه موجود فضای سبز در سطح شهر شیراز برای کاهش جاپای اکولوژیک گازCO_2 منتشرشده از سوخت انرژی های فسیلی درشهر جوابگو نیست. نتایج نشان داد که حجم گاز CO_2 منتشر شده از سوخت های نفت و گازوئیل طی سال های ۱۳۸۵تا۱۳۸۷ به ترتیب برابر با ۵۲۱۰۵۸؛ ۴۷۶۷۶۷؛ ۴۹۰۱۰۶ تن بوده است. محاسبه جاپای اکولوژیک این مقدار گاز منتشرشده نیز نشان داد، کل اراضی جنگلی مورد نیاز برای جذب گاز دی اکسید کربن حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی بنزین و گازوئیل برای سال های ۱۳۸۵،۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ به ترتیب ۷۸۱۶ هکتار؛۷۱۲۵ هکتار و ۷۳۵۲ هکتار است؛ حال آنکه مساحت فضای سبز شیراز در سال۱۳۸۷؛ ۱۸۶۹ هکتار بوده است،که به معنای این است که گاز دی اکسید کربن تولید شده تنها از این دو سوخت ۳/۹ برابر ظرفیت زیستی شیراز است. در واقع، هر شهروند شیرازی به ۵۱/۷۸ متر مربع سرانه

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

فضای سبز به منظور جذب گاز co2 نیاز دارد. بنابراین، شهرداری موظّف است با توسعه فضای سبز موجود، حجم و سرانه این کاربری را برای کاهش جاپای گاز دی اکسیدکربن افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: جاپای اکولوژیک،گاز CO_2، فضای سبز، شهرداری، توسعه پایدار

مقدمه

شهرها به خاطر تراکم جمعیت، فشردگی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی، مهمترین مراکز مصرف منابع و تولید کننده مواد زائد و آلودگی به شمار می روند؛ به طوری‌که شهرها ی جهان حدود سه چهارم منابع طبیعی مورد نیاز جهانیان را به مصرف می رسانند (صرافی، ۱۳۷۹: ۷ و Xing et al. 2009; P. 209). پس جوامع شهرنشین امروزی در پیدایش و ظهور نشانه های ناپایداری همچون افزایش آلودگی‌های زیست – محیطی، انقراض گونه های زیستی، افزایش گازهای گلخانه ای، افزایش دمای کره زمین و درنهایت، تغییر اقلیم بیش از همه مسؤولند. افزایش ۳۵ درصدی غلظت گاز دی اکسید کربن نسبت به ۱۵۰ سال پیش در سال ۲۰۰۵ تاییدی بر این مساله است. (IEA[1],2008,19). از دهه ۱۹۸۰ به بعد توسعه پایدار به عنوان مفهوم اصلی و بنیادی در استراتژی حفاظت جهانی سازمان ملل[2] و در گزارش برانت لند[3] قرار گرفت (WCED[4], 1987,43). همچنین، نگرانی‌های جهانی در ارتباط با افزایش حجم گازهای گلخانه ای و تغییرات اقلیمی سبب شد تا در راستای کنترل گازهای گلخانه ای، پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ به امضای برخی کشورهای جهان برسد و مطابق با این پروتکل سال ۱۹۹۰ به عنوان سال پایه برای کاهش گازهای گلخانه ای انتخاب شد. بر اساس این پروتکل، کشورهای صنعتی جهان موظّف هستند ۵۵ درصد از حجم گازهای گلخانه ای خود را کاهش بدهند (Brandon and Lombardi, 2005,7 ; Fan and et al, 2007,378). گازهای گلخانه ای [5]به مجموعه ای از گازهایی چون دی اکسید کربن(CO2)،کلروفلوروکربن(CFC)، متان(CH4) و اکسید نیتروزن (NO2)، اطلاق می شود که همانند لایه ای در اطراف زمین عمل کرده، از یک سو حرارت خورشید و از سوی دیگر حرارت منتشرشده از زمین را جذب می‌کنند و سبب بالارفتن دمای کره زمین می شوند (Holden and Hoyer ,2005,399)(صالح و همکاران،۱۳۸۸). بر اثر فعالیت های انسانی همچون: افزایش مصرف سوخت های فسیلی، جنگل زدایی و تخریب محیط زیست، حجم این گازها در اتمسفر افزایش یافته و دمای کره زمین روز به روز بالاتر می رود. گرمایش جهانی و تغییر اقلیم ناشی شده از آن موجب آب شدن یخ های قطبی و در معرض خطر قرارگرفتن زندگی و حیات کره زمین خواهد شد. گاز دی اکسید کربن حدود ۶۰ درصد از کل گازهای گلخانه ای را به خود اختصاص می دهد و ۸۱ درصد از کل گازهای گلخانه ای از مصرف سوخت‌های فسیلی به‌دست می آید(IEA,2008,20)(ترنر و همکاران،۱۳۷۴). سوخت های فسیلی از یک سو مهمترین منابع انرژی شهرها و از سوی دیگر، اصلی ترین منبع آلودگی آنها محسوب می شوند. ایران در سال ۱۹۹۰ تنها ۱,۱ درصد از کل آلودگی هوای دنیا را دارد. سهم ایران در سال۲۰۰۶، به ۱,۵ درصد افزایش یافته است. در گزارش توسعه انسانی سازمان ملل، تولید سرانه گاز دی اکسیدکربن، برای هر نفر ۶,۴ تن بوده است؛یعنی هر نفر ایرانی سالانه

1 - International Energy Agency
2 - United Nations World Conservation Strategy
3 - Brundt land Report
4- World Commission on Environment and Development
5- Greenhouse gases

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

۶,۴ تن دی اکسیدکربن در اتمسفر منتشر می کند (IEA,2008,20). گزارش سیاره زنده در سال ۲۰۰۰، جای پای بوم شناختی میانگین ایرانیان را ۲,۴۷ هکتار برآورد نموده است(WWF,2000;pp25)[۶] بر اساس اطلاعات منتشرشده توسط "جامعه جهانی جای پای اکولوژیک"[۷]، این رقم در سال ۲۰۱۰(اطلاعات براساس داده های سال۲۰۰۷ بوده است)، میانگین جای پای اکولوژیک هر ایرانی۲,۶۸ هکتار، درحالی که ظرفیت زیستی ایران برای هر نفر ۰,۸۱ هکتار بوده است. به عبارتی، جایای اکولوژیک هر ایرانی ۱,۸۷ هکتار بزرگتر از ظرفیت زیستی است(Ewing & others, 2010,p:50). بر اساس گزارش بانک جهانی، خسارت سالیانهٔ آلودگی هوا در ایران ۱۸۱۰ میلیون دلار ، معادل ۱۴۴۲۰ میلیارد ریال است که ۱,۶ درصد از تولید ناخالص داخلی را به خود اختصاص می دهد. شاخص‌های عملکرد زیست-محیطی در سال ۲۰۰۶ میلادی، ایران را از نظر شاخص هوا با کسب نمره ۱,۳۱ در میان ۱۳۳ کشور جهان در رتبهٔ ۱۱۷ جای داده است(ورامش و دیگران،۱۳۸۷؛۷۲). فضای سبز (جنگل‌ها، مراتع، پارک ها) نقش مهمی در کنترل گازهای گلخانه ای بر عهده دارند، از این‌رو، میزان سرانه فضای سبز شهری می تواند به عنوان عاملی در راستای کنترل گازهای گلخانه‌ای به شمار رود. اما مساله این است که چگونه می توان تعیین نمود که چه مقدار فضای سبز برای گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در یک شهر نیاز هست تا طبیعت بتواند آلودگی‌های منتشر شده را از طریق خودپالایی کنترل نماید. " جای پای اکولوژیک" به‌وسیله واکر نیگل و ویلیام ریز(۱۹۹۵)به عنوان وسیله اندازه گیری مبتنی بر مفهوم اساسی " پایداری "و " ظرفیت کشش" به‌کار رفته است. به لحاظ تئوری جاپای اکولوژیک یک جمعیت به‌وسیله اندازه گیری مقدار زمین یا آب مورد نیاز مستمر برای تولید همه کالاها مورد استفاده و برای جذب همه زباله های تولید شده به‌وسیله جمعیت یا بخش اقتصادی، تخمین زده می شود(Marcelo and others,2005: 599)، (Calcott & Bull, 2007: 5). تمام فعالیت های انسانی ردّ پای اکولوژیک دارد و بنابراین، جای پای اکولوژیک را می توان در مورد زمینه فعالیت هایی چون: ساخت و ساز، حمل و نقل، مصرف موادغذایی و مصرف انرژی را محاسبه کرد. به بیان دیگر EF بازگوکننده آثاری است که هرکدام از جوامع بر اثر سبک و شیوه زندگی خود بر طبیعت برجای می گذارند(Wilson and Anielski,2005). در این پژوهش ردّ پای اکولوژیک برای سوخت مصرفی (انرژی) محاسبه می شود. منظور از "ردّ پای انرژی" اندازه ای از زمین مورد نیاز برای جذب انتشارات آلودگی هاست. در این میان، چون گاز CO_2 ۶۰ درصد از کل گازهای گلخانه ای منتشر شده از مصرف سوخت‌ها را شامل می شود، بنابراین، ردّ پای انرژی به میزان فضای سبزی اطلاق می شود که برای جذب مقدار گاز CO_2 منتشر شده از مصرف سوخت لازم است. بنابراین EF سوخت های فسیلی، ظرفیت ضبط و توقیف CO_2 بیوسفر را از دید گرمایش جهانی، اندازه گرفته، انرژی سوخت فسیلی را به ناحیه تولید زیستی تبدیل می کند(Chen & others,2007;p1601). مؤثرترین راه برای توقف افزایش کربن می تواند افزایش مناسب و همزمان میزان جنگل های جدید (دست ساخت بشر) باشد، زیرا در مقیاس جهانی جنگل ها بزرگترین جاذب CO_2 در حال افزایش هستند (Suplee,1998). جنگل‌ها در نگهداری کربن درخارج از چرخهٔ طبیعی آن برای مدت زمان طولانی اهمیت زیادی دارند .در هر فوت 12 اینچ مکعب چوب تجاری تولید شده از درخت تقریباً ۱۴,۹ kg کربن در کل بیوماس درخت ذخیره می شود.فضای سبز شهری در جلوگیری از انتشار CO_2 از نواحی

۶- به نقل از متن سخنرانی دکتر مظفر صرافی در همایش موازین توسعه و ضد توسعه فرهنگی-اجتماعی شهر تهران؛تیرماه ۱۳۸۰،ص۲۷.

7 -Global Footprint Network

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

شهری تأثیرگذارند. فضای سبز شهری اکوسیستم‌های مشخص شده به‌وسیلهٔ درختان و پوشش‌های گیاهی دیگر در اجتماع مردم است که شامل درختان مناطق تحت نظر شهرداری‌ها و سازمان‌های دیگر، از قبیل: درختان موجود در امتداد خیابان‌ها و بزرگراه ها، پارک‌ها و ساختمان‌های عمومی و مناطق درخت کاری شده اطراف شهرها هستند (ورامش و دیگران،۱۳۸۷: ۷۱). توسعه فضای سبز از دیرباز برعهده شهرداری ها بوده است. در ایران قبل از انقلاب در ماده ۵۵ قانون شهرداری ها (مصوب سال ۱۳۳۴) و ماده ۱ قانون نوسازی و عمران شهری (مصوّب سال ۱۳۴۷) به وظایف شهرداری‌ها در زمینه حفظ و توسعه فضای سبز شهری اشاره شده است. پس از انقلاب نیز در خردادماه ۱۳۵۹ لایحه قانونی حفظ و گسترش فضای سبز در شهرها تصویب شد که جلوگیری از قطع بی رویه درختان و حفظ و گسترش فضای سبز را در دایره قانونی شهرداری ها می‌داند(منصور، ۱۳۹۱: ۶۹۷). بنابراین، هرآنچه به کاشت و حفاظت و آبیاری فضاهای سبز در فضاهای شهری مربوط می شود، وظیفه قانونی شهرداری های ایران در توسعه بهسازی و نگه داری فضاهای سبز است(سعیدنیا،۱۳۷۹؛۲۶).

تحقیقات متعدد داخلی و خارجی در ارتباط با محاسبه ردّ پای اکولوژیک صورت گرفته است. فریادی و صمدپور(۱۳۸۷) در مقاله ای با عنوان "تعیین جای پای اکولوژیکی در نواحی شهری پرتراکم و بلندمرتبه (نمونهٔ مورد مطالعه: محلهٔ الهیه تهران)" به بررسی آثار زیست- محیطی افزایش تراکم جمعیت و ساخت و سازهای شهری، بخصوص بلندمرتبه سازی در منطقه الهیه تهران پرداخته اند. این مقاله که برگرفته از پایان نامه ای به همین عنوان است، ابتدا به مقایسه روند تغییرات کاربری‌های محلهٔ الهیه پرداخته و سپس با استفاده از روش"ردّپای اکولوژیکی" مشخص کرده اند که میزان زمین مصرف شده" برای تأمین نیازهای مصرفی ساکنان ناحیهٔ الهیه درسال ۱۳۸۴ بیش‌از ۵ برابر مساحت ناحیه و ۱,۶ برابر کل مساحت شهر تهران بوده است(فریادی؛صمدپور،۱۳۸۷).

نگارندگان همین تحقیق در مقاله دیگری با عنوان "تعیین تناسب بهینهٔ استفاده از انواع شیوه‌های حمل و نقل با هدف کاهش جای پای اکولوژیک در شهر تهران" با استفاده از روش جای پای اکولوژیکی مقدار مصرف سوخت انواع وسیله نقلیه به ازای هر مسافر و سپس مقدار زمین معادل را که تأمین‌کننده میزان سوخت برای هر فرد است ، محاسبه کرده و نشان داده اند که مترو با کسب ۰/۰۰۳ مترمربع زمین به ازای هر مسافر کمترین مقدار مصرف را،که معادل مقدار مصرف ۱۴۰۰ مسافر خودروی شخصی که بیشترین مقدار مصرف را داراست، به خود اختصاص داده است (فریادی؛صمدپور،۱۳۸۹).

حسین زاده دلیر و ساسان پور(۱۳۸۵) در مقاله «روش جا پای اکولوژیکی در پایداری کلانشهرها با نگرشی بر کلان شهر تهران» به این نتیجه می رسند که فضای اکولوژیک تهران توان برآوردن نیازهای اساسی خود را ندارد و این عدم توان، ناپایداری را از یک سو به درون خود و از سویی دیگر به منطقه پشتیبان که مواد و انرژی را تامین می کند، سوق می دهد(حسین زاده دلیر و ساسان پور، ۱۳۸۵).

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

الیس[8] و ترنتون[9] (۱۹۹۸) در مقاله «روند های اخیر در انتشار گاز Co2 مربوط به مصرف انرژی » بررسی روند انتشار گاز Co2 و منابع عمده انتشار این گاز را گام مهمی برای کمک به سیاستگذاران و برنامه ریزان در راستای کنترل گازهای گلخانه ای می دانند.

مک دونالد[10] و پترسون[11] (۲۰۰۴) در مقاله « ردّ پای اکولوژیکی و اتکای متقابل نواحی نیوزلند » با استفاده از جدول داده – ستانده[12] به بررسی ردّ پای اکولوژیکی ۱۶ منطقه در نیوزلند پرداخته اند. مطالعه موردی بر روی اکلند صورت پذیرفته است . نتیجه تحقیق نشان می دهد که ردّ پای اکولوژیکی نخست شهر اکلند ۲/۳۲ ملیون هکتار است؛ یعنی برای هر شهروند ۲ هکتار زمین مورد نیاز است(Mac Donald and Patterson , 2004).

هولدن[13] و هویر[14] (۲۰۰۵) در مقاله «ردّ پای اکولوژیکی سوخت» استفاده از سوخت‌های جایگزین با آلودگی های کمتر را مهمترین راه برای کاهش ردّ پای اکولوژیک سوخت مصرفی می دانند (Holden and Hoyer,2005).

فان و همکارانش (۲۰۰۶) در مقاله « تحلیل اثرات انتشار گاز CO2 با استفاده از مدل STIRPAT » تاثیر جمعیت، تکنولوژی را در کشورهایی با درآمد سرانه متفاوت بر روی میزان انتشار گاز طی سال‌های ۱۹۷۵ – ۲۰۰۰ بررسی کرده اند. نتیجه کار نشان می دهد که رشد اقتصادی تاثیر مثبتی بر روی افزایش گاز CO2 داشته است. همچنین، نسبت جمعیت در گروه سنی ۱۵- ۶۴ ساله در کشورهای با بالاترین درآمد سرانه تاثیر منفی و در سایر کشورها تاثیر مثبت داشته است(Fan & et al,2006).

دراک من[15] و جکسون[16] (۲۰۰۹) در مقاله «ردّ پای اکولوژیکی کربن خانگی انگلستان برای سال‌های ۱۹۹۰ – ۲۰۰۴»، بر پایه مدلی شبیه داده – ستانده منطقه ای میزان انتشار گاز Co 2 از انرژی مصرفی برای تولید مایحتاج خانگی را حساب می کنند. نتیجه تحقیق نشان می دهد که میزان انتشار گاز Co2 در طی این سال‌ها ۱۵ درصد افزایش داشته است(Druckman and Jackson ,2009).

لی[17] و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله «پیش بینی ردّ پای اکولوژیکی شهر وهان با استفاده از شبکه های عصبی » پیش بینی ردّ پای اکولوژیکی را برای ارزیابی اثرات انسان بر محیط لازم و ضروری می دانند (Li & et al, 2010). در تحقیقات پیشین بررسی روند تولید گاز دی اکسید کربن و ردّپای این گاز و سایر منابع انرژی در ارتباط با حجم فضای سبز و جنگل کاری‌های انجام شده توسط شهرداری‌ها بررسی نشده است. مقاله حاضر با انتخاب شهر شیراز به عنوان مطالعه موردی در پی پاسخ به سؤال‌های زیر ابتدا ردّ پای اکولوژیک گاز دی اکسید کربن را محاسبه کرده و سپس به ارزیابی عملکرد شهرداری شیراز در ارتباط با فضای سبز پرداخته است. سؤال‌هایی که تحقیق در راستای پاسخگوی به آن است، به قرار زیر است:

8 -Ellis
9 - Treanton
10 - Mac Donald
11 - Patterson
12 - input-output
13 - Holden
14 - Hoyer
15- Druckman
16 - Jackson
17 - Li

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

۱- ردّ پای اکولوژیک گاز دی اکسید کربن شهر شیراز به چه میزان فضای سبز برای کنترل و خودپالایی نیاز دارد؟

۲- آیا عملکرد فضای سبز شهرداری شیراز در طی محدوده زمانی مورد مطالعه منطبق با ردّ پای اکولوژیک گاز دی اکسید کربن بوده است ؟

برای این منظور، روند انتشار گاز دی اکسید کربن حاصل از سوخت‌های فسیلی مصرف شده طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۷ محاسبه و سپس ردّ پای اکولوژیک گاز دی اکسید کربن با مساحت و سرانه فضای سبز در طی این دوره ارزیابی خواهد شد. محدوده مورد مطالعه تحقیق حاضر شهر شیراز در نظرگرفته شده است. شهر شیراز در بخش مرکزی شهرستان شیراز در حدود ۱,۷۱ درصد مساحت شهرستان شیراز و ۱۵/. درصد از کل مساحت استان را شامل می شود. این شهر در ارتفاع ۱۴۸۴ متری از سطح دریا و در منطقه کوهستانی زاگرس واقع شده و آب و هوای معتدلی دارد. شهر شیراز از سمت غرب به کوه دراک و از سمت شمال به کوه های بمو، سبزپوشان، چهل مقام و باباکوهی(از رشته کوه های زاگرس) محدود شده است.یک رود فصلی از وسط شهر می گذرد که به رودخانه خشک معروف است و تنها در فصل زمستان و بهار آب دارد. این رود به دریاچه مهارلو، واقع در جنوب شرقی شیراز می ریزد. بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۸۵، شهر شیراز با ۱۳۵۱۱۸۱ نفر، ۳۱,۱۶ درصد جمعیت استان و ۷۸,۹۶ درصد جمعیت شهرستان شیراز را در خود جای داده است. میزان جمعیت در سال ۱۳۸۷، ۱۴۱۹۵۸۵ و تراکم جمعیت ۷۵,۵۳ نفر در هکتار بوده‌است(آمارنامه شیراز،۱۳۸۷). شهر شیراز به ۹ منطقه شهرداری تقسیم بندی شده و مساحتی بالغ بر ۱۷۸۸۹۱ کیلومتر مربع دارد.

روش پژوهش

همان‌طور که اشاره شد، روش به‌کاررفته در این مقاله، روش تعیین جاپای اکولوژیک (Ecological Footprint) است. روش کلی محاسبات EF مراحل اصلی زیر را شامل می شود:

- ✓ تخمین سرانهٔ مصرف سالانه مواد مصرفی اصلی بر اساس مجموع داده های منطقه مورد بررسی و تقسیم مصرف کل به میزان جمعیت؛
- ✓ تخمین زمین اختصاص داده شده به هر نفر برای تولید هر مورد مصرفی از طریق تقسیم متوسط مصرف سالانه هر مورد بر متوسط سالانهٔ تولید یا بازده زمین؛
- ✓ محاسبه متوسط کل جای پای اکولوژیک هر نفر از طریق جمع زدن تمامی مناطق اکوسیستم که به هر نفر اختصاص یافته.
- ✓ به دست آوردن جای پای اکولوژیک برای جمعیت هر منطقهٔ مورد برنامه ریزی(N) که با حاصل ضرب متوسط جای پای اکولوژیک هر نفر در اندازه جمعیت ($Efp = N \times EF$) به‌دست می آید (Rees and Wackernagel 1996,)(به نقل از: فریادی و صمدپور؛۱۳۸۷). فرضیه تحقیق« عملکرد فضای سبز شهرداری شیراز منطبق با ردّ پای اکولوژیک گاز دی اکسید کربن نیست » سبب شد تا در ابتدا حجم گاز CO_2 منتشر شده تخمین زده شود . برای این منظور، از روش IPCC استفاده گردید. بنابراین، ابتدا میزان مصرف سالانه سوخت و میزان گاز دی اکسید کربن تولید

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

شده و سپس میزان زمین(مترمربع/هکتار)تأمین کنندهٔ آن مقدار مصرف، یا جای پای اکولوژی (EF) این گاز محاسبه می شود. مقدار کل CO2 منتشر شده در بخش i بر اساس میزان مصرف انرژی آن بخش، ضریب انتشار کربن برای سوخت مصرفی، و کسر کربن اکسید شده بر طبق فرمول زیر به‌دست می آید:

$$CE_i^t = \sum_j CE_{ij}^t = \sum_j E_{ij}^t EF_j(1 - CS_j^t)O_j M, \quad (۱$$

که در آن:

CE^t_i؛ میزان انتشار گاز CO2 در بخش i در سال t به تن

CE^t_{ij}؛ میزان انتشار گاز CO2 در بخش i بر حسب نوع سوخت مصرفی j در سال t به تن

E^t_{ij}؛ میزان انرژی مصرفی به ترا ژول بخش i بر حسب نوع سوخت مصرفی j در سال t به تن

EF_j؛ ردّ پای اکولوژیک نوع سوخت مصرفی j

CS^t_j ؛ کسری از میزان سوخت j که به عنوان مواد خام اکسیده نشده است در سال t

O_j؛ کسری از کربن اکسید شده برای نوع سوخت j

M. نسبت وزن مولکولی دی اکسید کربن به کربن

ضریب انتشار گاز دی اکسید کربن و کسری از کربن اکسید شده به شکل جدول (۱) است.

جدول ۱) ضریب انتشار کربن انواع سوخت به همراه کسری از دی اکسید کربن

سوخت	ضریب انتشار کربن	کسری از کربن اکسید شده
نفت خام	۲۰	۰/۹
گاز طبیعی مایع	۱۷/۲	۰/۹۸
بنزین	۲۰/۲	۰/۹۸
گازوئیل	۱۸/۹	۰/۹۸
سوخت جت	۱۹/۵	۰/۹۸
نفت	۱۹/۶	۰/۹۸
نفت کوره	۲۱/۱	۰/۹۸
گاز طبیعی	۱۵/۳	۰/۹۹
زغال سنگ نارس	۲۸/۹	۰/۹
زغال سنگ	۲۵/۸	۰/۹
کک	۲۹/۲	۰/۹

Zhang, 2009,768 ؛IEA,2008,25

هرگالن بنزین بدون سرب تقریبا معادل با BTU۱۲۵۰۰۰ (انرژی حرارتی تولیدشده) است که معادل با نرخ ۱۹,۳۵ تن کربن در هر بیلیون BTU آزاد شده است(Pezzetta ad Drossman,2002). از آنجایی‌که هر گالن برابر با ۳,۷۸۵۳ لیتر است، بنابراین، به ازای سوختن ۱ لیتر بنزین ۳۳۰۲۲,۴۸ BTU آزاد می شود.

tonnes Carbon۰۰۶۴/۰BTU = tonnes Carbon/billion۳۵/۱۹ billion BTU ×۰۰۰۰۳۳/۰

با توجه به آن که هر هکتار زمین ۱,۸ هکتار کربن جذب می کند:

m2۳/۵ Hec. = ۰۰۳۵/۰Carbon = tonnes۸/۱÷ hectare۱tonnes Carbon×۰۰۶۴/۰

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

بنابراین، جای پای یک لیتر بنزین بدون سرب ۳/۵ مترمربع زمین یا ۰/۰۰۰۳۵ هکتار است. با توجه به آنکه هر یک تن کربن برابر با ۴۴/۱۲ تن گاز CO_2است، پس جای پای هر تن گاز CO_2، ۱۵۴,۴۲ مترمربع یا ۰,۰۱۵ هکتار است. سوخت گازوئیل نیز در هرگالن تقریباً ۱۳۸۷۰۰ BTU تولید می‌کند که درنهایت۱۹,۹۵ تن کربن در هر بیلیون BTU آزاد می کند(Pezzetta ad Drossman,2002). و از آنجایی‌که هر گالن برابر با ۳,۷۸۵۳ لیتر است، بنابراین، به ازای سوختن ۱ لیتر بنزین ۳۳۰۲۲,۴۸ BTU آزاد می‌شود.

tonnes Carbon۰۰۰۶۴/۰BTU = tonnes Carbon/billion۳۵/۱۹billion BTU×۰۰۰۰۳۳/۰

یافته‌های پژوهش

بر اساس این محاسبات و با توجه به حجم بنزین،گازوئیل و گاز مصرف شده در شیراز طی سال ها۸۵ ۱۳ تا ۱۳۸۸، میزان CO2 تولید شده و جای پای آن طی سال های مختلف در جدول زیر آورده شده است: همان‌طورکه اشاره شد هرگالن بنزین بدون سرب تقریبا معادل با BTU۱۲۵۰۰۰ (انرژی حرارتی تولیدشده) است که معادل با نرخ ۱۹,۳۵ تن کربن در هر بیلیون BTU آزاد شده است. بر اساس جدول شماره(۲) میزان بنزین و نفت گازمصرفی شیراز ۱۳۸۵-۱۳۸۷ به شرح زیر بوده است:

جدول ۲) میزان بنزین و نفت گاز مصرفی شیراز ۱۳۸۵-۱۳۸۷

نوع سوخت	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷
بنزین/ به لیتر	۶۶۷۷۱۰۰۰۰	۶۱۳۰۹۸۰۰۰	۶۲۲۳۱۸۰۰۰
نفت گاز/ به لیتر	۱۲۳۶۹۷۰۰۰	۱۱۶۲۸۸۰۰۰	۱۲۱۴۱۶۰۰۰
جمعیت شهر به نفر	۱۳۵۱۱۸۱	۱۳۹۴۴۱۹	۱۴۱۹۵۸۵
سرانه بنزین مصرفی (لیتر برای نفر)	۴۹۴	۴۴۰	۴۳۸
سرانه نفت گاز مصرفی (لیتر برای نفر)	۹۲	۸۳	۸۶

شهرداری شیراز ۱۳۸۸

بر اساس این محاسبات و با توجه به حجم بنزین مصرف شده در شیراز طی سال های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷، میزان CO2 تولید شده از نفت و گازوئیل و جاپای آن طی سال های مختلف در جدول شماره(۳) و(۴) آورده شده است:

جدول ۳) حجم گاز CO_2 تولید شده از سوخت بنزین و جاپای آن بین سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۷

	گاز دی اکسید کربن منتشره شده / به تن		
نوع سوخت و ردّ پای اکولوژیکی	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷
بنزین	۴۳۰۶۲۵	۳۹۱۷۶۰	۴۰۱۳۵۱
اراضی جنگلی مورد نیاز / هکتار	۶۴۶۰	۵۸۷۷	۶۰۲۱
سرانه فضای سبز مورد نیاز (مترمربع)	۴۸	۴۲	۴۲/۴۱

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

جدول ۴) حجم گاز CO_2 تولید شده از سوخت گازوئیل و جاپای آن بین سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۷

	گاز دی اکسید کربن منتشره شده / به تن		
نوع سوخت و ردّ پای اکولوژیک	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷
نفت گاز	۹۰۴۳۳	۸۵۰۰۷	۸۸۷۵۵
اراضی جنگلی مورد نیاز / هکتار	۱۳۵۶	۱۲۷۵	۱۳۳۱
سرانه فضای سبز مورد نیاز (مترمربع)	۱۰	۹	۹/۳۷
جمع سرانه فضای سبز مورد نیاز(متر مربع)	۵۸	۵۱	۵۱/۷۸

حجم گاز CO_2 منتشر شده از سوخت های نفت و گازوئیل طی سال های ۱۳۸۵تا ۱۳۸۷ به ترتیب برابر با ۵۲۱۰۵۸؛ ۴۷۶۷۶۷ و ۴۹۰۱۰۶ تن بوده است. بنابراین، کل اراضی جنگلی مورد نیاز برای جذب گاز دی اکسید کربن حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی بنزین و گازوئیل برای سال های ۱۳۸۵،۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ به ترتیب ۷۸۱۶ هکتار؛۷۱۲۵ هکتار و ۷۳۵۲ هکتار است. جدول شماره(۵) ردّ پای اکولوژیک حاصل از سوخت های فسیلی را نشان می‌دهد.

جدول ۵) ردّ پای اکولوژیک حاصل از سوخت های فسیلی (بنزین، گازوئیل: به هکتار)

سال	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷
ردّ پای اکولوژیک	۷۸۱۶	۷۱۵۲	۷۳۵۲

طبق محاسبات انجام شده در جدول (۴) ملاحظه می شود که سرانه ردّ پای اکولوژیک حاصل از مصرف سوخت های فسیلی برای هر شهروند شیرازی طی سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ به ترتیب برابر با ۵۸، ۵۱ و ۵۱/۷۸ مترمربع فضای سبز بوده است. و این در حالی است که مساحت فضای سبز شهر شیراز در سال ۱۳۸۷؛ ۱۸۶۹ هکتار و سرانه هر شهروند شیرازی در همین سال ۱۳,۱۷ مترمربع بوده است(آمارنامه شیراز،۱۳۸۷). بر طبق محاسبات به‌دست آمده، اگر سال ۱۳۸۷ را مبنا قرار دهیم، علاوه بر سرانه فضای سبز موجود؛ هر شهروند شیرازی نیاز به ۳۸/۶۱ مترمربع فضای سبز اضافه برای جذب اثرهای گلخانه ای گاز دی اکسید کربن دارد. با عنایت به این مهم، می توان به اهمیت تحلیل های ردّ پای اکولوژیک در برآورد دقیق و حقیقی سرانه فضای سبز مورد نیاز پی برد. به معنای دیگر، گاز دی اکسید کربن تولید شده از سوخت های بنزین و گازوئیل بیش از ۳,۹ برابر ظرفیت زیستی موجود شهر شیراز است. برای مقابله با این مشکل شهرداری موظف است به راهکارهای کنترلی روی آورده، از بروز بحران زیست- محیطی جلو گیری کند و از آنجایی- که حفاظت و توسعه فضای سبز در شهرها در حیطه وظایف شهرداری ها محسوب می شود؛ ضروری است شهرداری در کنار افزایش حجم فضای سبز و استفاده از سوخت های جایگزین؛ در راستای آموزش و فرهنگ سازی صحیح نیز تلاش کند تا همگان به مصرف بهینه و کاهش سرانه مصرف انرژی ترغیب شوند.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

نتیجه‌گیری

افزایش جمعیت شهرها باعث افزایش مشکلات شهرنشینی بیشماری شده است. شهرها در معرض انواع آلودگی های هوا، خاک،آب و صوت قرار گرفته و بر نظام های پشتیبان حیات بیش از ظرفیت کشش آنها فشار وارد آورده اند. یکی از مهمترین عوامل ناپایداری در شهرها، آلودگی هوا ناشی از مصرف انرژی های سوختی، افزایش آلاینده ها و در نتیجه افزایش گازهای گلخانه ای است. بر اثر افزایش مصرف سوخت های فسیلی در شهرها، حجم گاز CO2 به عنوان یکی از مهمترین گازهای گلخانه ای رو به افزایش بوده و اقلیم کره زمین را دستخوش تغییرات سریعی کرده است. یکی از راه های پایداری محیط زیست شهری و مقابله با آلودگی ها، توجه ویژه به کاریری فضای سبز است؛ چراکه مهمترین راه کاهش اثر گاز CO2 در شهرها، افزایش حجم فضاهای سبز و جنگل های شهری است. ردّپای گاز CO2 به ناحیه ای از جنگل ها اطلاق می شود که برای متوقف کردن دی اکسیدکربن اضافی تولیدشده از سوخت های فسیلی نیاز است. جای پای اکولوژیک این گاز در سال های اخیر سبب افزایش میزان آلودگی‌های زیست- محیطی در شهرها و در نتیجه افزایش نگرانی های جهانی را موجب شده است. در چنین شرایطی، یکی از مهمترین مسؤولیت های شهرداری ها ساختن محیطی مناسب و قابل زیست تر برای شهرنشینان است. پژوهش حاضر در راستای پاسخگویی به سؤال‌های تحقیق با در دست داشتن فرضیه تحقیق که « عملکرد فضای سبز شهرداری شیراز منطبق با ردّ پای اکولوژیک گاز دی اکسید کربن نیست »؛ اقدام به پاسخگویی به این سوال‌ها کرد. بر طبق نتایج به‌دست آمده از پژوهش، فرضیه تحقیق پذیرفته می شود. با توجه به تحلیل‌های به‌دست آمده در جداول (۴و۵) مشخص گردید که سرانه فضای سبز شهری در شهر شیراز انطباقی با ردّ پای اکولوژیک حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی ندارد و شهرداری برای تعادل بخشی به اثرهای گاز دی اکسید کربن حاصل از سوخت‌های فسیلی نیاز دارد به مقدار ۵۴۸۳ هکتار به اراضی جنگلی یا فضای سبز شهری خود اضافه نماید. در واقع، علاوه بر سرانه فضای سبز موجود درسال ۱۳۸۷، شهرداری به افزایش ۳۸/۶۱ مترمربعی فضای سبز برای هر شهروند شیرازی نیاز دارد. در واقع، پژوهش حاضر نشان داد که عملکرد فضای سبز شهرداری شیراز منطبق با ردّ پای اکولوژیک حاصل از سوخت های فسیلی نیست. این پژوهش توانست با استفاده از روش EF و محاسبه ردّپای گاز CO2 تولید شده از سوخت های فسیلی در شهر شیراز نشان دهد که حجم گاز دی اکسید کربن تولید شده ناشی ازسوخت های بنزین و گازوئیل بیش از ظرفیت زیستی موجود این شهر است. همچنین، تحقیق حاضر نشان داد که برای محاسبه سرانه فضای سبز شهری علاوه بر رعایت استانداردهای مد نظر، لازم است به رویکرد حاضر که مبتنی بر ردّ پای اکولوژیک سوخت‌های فسیلی نیز هست، توجه گردد. درنهایت، می توان گفت شهرداری شیراز نیاز دارد راهکارهایی را برای کاهش گاز Co2 حاصل از سوخت‌های فسیلی به همراه افزایش سرانه فضای سبز شهری به‌کار بگیرد.

منابع

۱- ترنر،ر.ک و د.پیرس و ای.باتمن.(۱۳۷۴).*اقتصاد محیط زیست*،ترجمه سیاوش دهقانیان، عوض کوچکی، علی کلاهی اهری، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد.

۲- حسین زاده دلیر، کریم؛ ساسانپور، فرزانه .(۱۳۸۵).«روش جایای اکولوژیکی در پایداری کلانشهرها با نگرشی بر کلانشهر تهران»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ش ۸۲،پاییز.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

۳- سعیدنیا،احمد.(۱۳۷۹).*کتاب سبز شهرداری ها*،جلد نهم، *فضاهای سبز شهری*، تهران: مرکز مطالعات برنامه ریزی شهری تهران.

۴- شهرداری شیراز.(۱۳۸۷).*آمارنامه شیراز*.

۵- شهرداری شیراز.(۱۳۸۹)*آمارنامه شهر شیراز ۱۳۸۵-۱۳۸۷*.

۶- صالح،ایرج؛شعبانی،زهره؛سادات باریکانی،سیدحامد؛یزدانی،سعید.(۱۳۸۸).«بررسی رابطه علّیت بین تولید ناخالص داخلی و حجم گازهای گلخانه ای در ایران (مطالعه موردی گاز دی اکسیدکربن»، *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، سال هفدهم،ش ۶۶،تابستان.

۷- صرافی،مظفر.(۱۳۷۹)شهر پایدار چیست؟، *فصلنامه مدیریت شهری*، ش۴، صص ۶-۱۳.

۸- صمدپور، پریماه، فریادی، شهرزاد.(۱۳۸۷) تعیین جای پای اکولوژیکی در نواحی شهری پرتراکم و بلندمرتبه (نمونهٔ مورد مطالعه: محلهٔ الهیه تهران). *مجلهٔ محیط شناسی*، دانشگاه تهران، ش ۴۵، صص ۶۳-۷۲.

۹- ــــــــــــــــــ .(۱۳۸۹).« تعیین تناسب بهینهٔ استفاده از انواع شیوه‌های حمل و نقل با هدف کاهش جای پای اکولوژیک در شهر تهران»، *مجله محیط شناسی*، سال سی و ششم، ش۵۴، تابستان ۸۹، صص ۱۰۸-۹۷.

۱۰- منصور، جهانگیر.(۱۳۹۱). *قوانین و مقررات مربوط به شهر و شهرداری*، تهران، نشر دیدار، چاپ بیست و هشتم.

۱۱- ورامش،سعید؛حسینی،سیدمحسن؛نوری،عبدالله.(۱۳۸۷).«پتانسیل جنگل شهری در کاهش گازهای گلخانه ای و حفظ انرژی»، *مجله تازه های انرژی*، سال اول، شماره اول، نیمه دوم شهریور۱۳۸۷

12- Brandon, Peter S & Patrizia Lombardi(2005) Evaluating Sustainable Development in the Built Environment, Blackwell, Oxford

13- Chen. B,chen.G.Q,yang.Z.F,Jiang.M.M(2007). Ecological footprint accounting for energy and resource in China, Energy Policy 35 , 1599-1609

14- Calcott. Alen & Bull. Jamie (2007). Ecological Foot Print of British City resident, WWF-UK, wwf.org.uk

15- Druckman. Angela and Jackson. Tim. (2009). The carbon footprint of UK households 1990–2004: A socio-economically disaggregated,quasi-multi-regional input–output model, Ecological Economics , N. 68, pp. 2066-2077

16- Ellis. Jane & Treanton. Karen. (1998). Recent trends in energy- related CO2 emissions, Energy Policy, Vol.26, N.3, pp. 159-166

17- Ewing. Brad; Moore. David& others. (2010). The Ecological Foot Print Atlas2010. Puplished by; Global Footprint Network, Oakland, California, USA, http//www.footprintnetwork.org

18- Fan. Ying & et al. (2006). Analyzing impact factors of CO2 emissions using the STIRPAT model, Environmental Impact Assessment Review, N.26, pp. 377-395

19- Holden. Erling and Hoyer. Karl Georg (2005), The ecological Foot Prints of Fuels, Transportation Research Part D, N.10, pp. 395-403

20- IEA (2008a) Issues behind Competitiveness and Carbon Leakage: Focus on heavy industry,

21- IEA (2008b) World Energy Outlook 2008: Fact sheet. Paris: International Energy Agency

IEA Information Paper. Paris: International Energy Agency and Organisation for Economic Co-operation and Development.

22- Li. X.M. & et al. (2010). Urban total ecological footprint forecasting by using radial basis function neural network: A case study of Wuhan City, China, Ecological Indicators, N. 10, pp. 241-248

23- Mac Donald. Garry and Patterson. Murray.(2004). Ecological Footprints and interdependencies of New Zealand regions, Ecological Economics, N.50, pp. 49-67

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]

24- Marcelo E. Dias De Oliveira, Burton E. Vaughan & Edward J. Rykiel Jr. (2005), Ethanol as Fuel, Carbon Dioxide Blances and Ecological Foot Print, Bio Science, Vol. 55, N.7, pp593-602
25- Pezzetta,W.E. , H.,Drossman. 2005 .The Ecological Footprint of the Colorado College: An Examination of Sustainability. http://www2.coloradocollege.edu/Sustainability/EcoFootprint
26- Rees, W. ;Wackernagel, M. 1996. Urban Ecological Footprints: Why Cities cannot be
Review 16,223-48.
27- Suplee, Curt(1998) Untangling the science of climate. National Geographic, May 1998 44-67. Supply and Services Canada 1992. The Final Report of the Royal Commission on National Passenger Transportation.
Sustainable and Why They Are a Key to Sustainability, Environmental Impact Assessment
28- WCED(1987).Our Common Future(Report of the UN World commission on Environment and Development) University press Oxford
29- Wilson, J. ;Anielski , M. 2005 .Ecological Footprints of Canadian Municipalities and Regions.
30- WWF, Zoological Society of London, Global Footprint Network, 2006. Living Planet Report 2006 /http//www.panda.org/downloads/general/ LPR2006S.
31- Xing,Yangang et al (2009) A framework model for assessing sustainability impacts of urban development, Accounting Forum, Volume 33, Issue 3, September 2009, Pages 209-224

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-10]