مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره هفت، مهرماه ۱۴۰۰(۲۸۰-۲۶۷)

ارزیابی وضعیت پایداری در کلان‌شهر اهواز با استفاده از روش جای پای اکولوژیک

محمد رحیم رهنما[۱]

سید مصطفی حسینی[۲*]

s.mhosseini65@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۷ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۹**

چکیده

زمینه و هدف: یکی از مهم‌ترین شروط ارتقا کیفیت زندگی در حال و آینده، دست‌یابی به توسعه‌ای پایدار در سطح جامعه است. توسعه پایدار مفهومی پیچیده و مبهم بوده که همواره با روش‌های مختلفی مورد سنجش قرار گرفته است. امروزه بهترین روش تعیین میزان پایداری جوامع، بررسی اثرات فعالیت‌های انسان بر طبیعت است. بر این اساس، در این پژوهش با بررسی وضعیت جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی شهر اهواز، وضعیت پایداری در این شهر مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی: پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی است که با استفاده از روش توصیفی – تحلیلی انجام شده است. در این پژوهش ابتدا جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی کلان‌شهر اهواز تعیین گردید، سپس وضعیت این کلان‌شهر با شرایط جهان، آسیا و ایران از نظر جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که سرانه جای پای مصرف در شهر اهواز برابر با ۱/۴ هکتار و برای کل شهر ۱۵۴۲۲۹۸/۳۵۶ هکتار و سرانه ظرفیت زیستی در این شهر برابر با ۰/۴۰۶ هکتار و برای کل شهر ۴۴۴۷۵۱/۱ هکتار است که در این بین سهم جای پای مصرف در بخش حمل و نقل با ۰/۶۹ هکتار و سهم جای پای آب با ۰/۰۰۶ هکتار به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین سهم را در جای پای اکولوژیک کلی شهر اهواز دارند.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که جای پای اکولوژیک شهر اهواز نسبت به سطح جهانی ۴۷/۸۵ درصد، نسبت به آسیا ۲۰/۹ درصد و نسبت به کشور ۴۷/۴۶ درصد و ظرفیت زیستی این شهر نسبت به جهان ۷۷/۱۸ درصد، نسبت به آسیا ۵۰/۴۸ درصد و نسبت به کشور ۴۹/۸۷ درصد کم‌تر است.

واژه‌های کلیدی: جای پای اکولوژیک، ظرفیت زیستی، توسعه پایدار، کلان‌شهر اهواز.

---

۱ - استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲ - دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. *(مسوول مکاتبات)

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 7, October, 2021

Assessment of the Sustainability Situation in Ahvaz Metropolis City using the Ecological Footprint Method

Mohammad Rahim Rahnama[1]
Seyed mostafa hosseini[2*]
s.mhosseini65@yahoo.com

Admission Date: May 18, 2016 Date Received: June 28, 2015

Abstract

Background and Objectives: One of the most important conditions for improvement of the quality of life in present and future is attainment of a sustainable development in society. Sustainable development is a complicated and nebulous concept, which has been assessed through many different methods. Today, the best method for determining the level of the sustainability of societies consists in analyzing the effects of human activities on nature. Accordingly, in this study the situation of sustainability in Ahvaz city is assessed through analysis of the situation of ecologic footprint as well as the biological capacity of Ahvaz City.

Material and Methodology: The present research enjoys an applied objective and it is done in a descriptive-analytic manner. In this research, the ecologic footprint and the biological capacity of Ahvaz city were determined in the first place and in the second place, the situation of this mega city was compared to the circumstances of the world, Asia and Iran.

Findings: The results of the study display that the footprint share of consumption in Ahvaz city is equal to 1.4 hectare and for the whole city it is 1542298.356 hectares and the share of biological capacity in the city is equal to 0.406 hectare and for the whole city it is 444751.1 hectare. The share of transportation footprint and the share of water footprint are the most and the least shares, respectively, in Ahvaz City.

Discussion and Conclusion: The results show that the ecological footprint of Ahvaz City in comparison to the world level, Asia, and the country is less by 47.85, 20.9 and 47.46 percents, respectively. In addition, the biological capacity of the city is less in comparison to the world, Asia and Iran by 77.18, 50.48 and 49.87 percents, respectively.

Keywords: Ecological Footprint, Bio-Capacity, Sustainable Development, Ahvaz Metropolitan.

1 - Professor Geography and urban planning, Ferdowsi university of Mashhad.
2 - Ph.D in Geography and Urban Planning. *(Corresponding Author)*

مقدمه

امروزه شهرها به عنوان مصرف کننده و توزیع‌کننده اصلی کالاها و خدمات و نیز به دلیل مسایل و چالش‌های اساسی مانند ترافیک و تراکم زمین، ساختمان‌های متروک و خالی از سکنه، تغییر کاربری زمین، آلودگی صوتی، آلودگی آب و بسیاری از موضوعات محیط زیستی دیگر، کانون توجه بحث پایداری شده‌اند. بنابراین به منظور دست‌یابی به یک وضعیت پایدار واقعی در شهرها، تدوین سیاست‌هایی جهت حصول به شهرهای پایدار برای دست‌یابی به جامعه‌ای پایدار ضروری است. به همین منظور مقوله‌ای مهم تحت عنوان توسعه پایدار در چند دهه اخیر مورد توجه جدی و اساسی اندیش‌مندان و متفکران توسعه قرار گرفت (۱). در این بین توجه به مبحث توسعه پایدار در کلان‌شهرها به دلیل رشد سریع کالبدی و جمعیتی بدون توجه به مباحث محیط زیستی و مشکلات و مسایل عدیده‌ای هم‌چون افزایش آلودگی محیط زیستی، کاهش توان اکولوژیکی، مصادره منابع منطقه پشتیبان، افزایش بار وارده بر محیط‌زیست و از همه مهم‌تر ناتوانی مدیریت شهری در تأمین و اداره امور شهر، که همگی مؤید ناپایدارتر شدن فضای اکولوژیکی کلان شهرها شده است، حایز اهمیت فراوان‌تری است. در حقیقت مطرح شدن توسعه پایدار به عنوان شعار اصلی هزاره سوم نیز ناشی از تأثیرات شهرها بر گستره زیست کره و ابعاد مختلف زندگی انسانی است. بدون شک، بحث از پایداری و توسعه پایدار بدون توجه به شهرها و شهرنشینی بی معنا خواهد بود (۲). بدین ترتیب، با گسترش مفهوم توسعه پایدار در سطح بین‌المللی، دانشمندان مدل‌های کمی و کیفی متعددی برای اندازه‌گیری توسعه پایدار جوامع، به‌ویژه کلان شهرها ارایه دادند (۳). روش جای پای اکولوژیک، یکی از روش‌های تعیین پایداری است که مقدار مصرف انسان‌ها از منابع زیستی و تولید پسماند را بر حسب نواحی اکوسیستم ارزیابی می‌کند (۴). روش جای پای اکولوژیک را ماتیس واکرناگل۱ و ریز۲، اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰ در دانش‌گاه کلمبیا معرفی کردند (۵). این روش یکی از روش‌های کارآمد برنامه‌ریزی، در زمینه ارزیابی ظرفیت بوم شناختی، ظرفیت نهایی اکولوژیکی و سنجش وضعیت پایداری در جوامع در سطح ملی و محلی است، که در سال‌های اخیر به طور گسترده به عنوان یک شاخص مصرف منابع و جذب مواد زائد تولید شده بر اساس سرانه مساحت تولید بوم شناختی مورد نیاز به کار برده شده است (۶). به عبارت دیگر روش جای پای اکولوژیک، بازگوکننده آثاری است که هر کدام از جوامع در اثر سبک و شیوه زندگی خود، بر طبیعت به جای می‌گذارند. به طور دقیق، این شاخص، میزان پهنه‌های زمین و آب مورد نیاز برای تولید تمام منابعی را که یک فرد، جمعیت یا فعالیت، مصرف می‌کنند و پسماند تولید شده را جذب می‌کنند، محاسبه می‌نماید.

طبق نظرات دانشمندان تا اواسط قرن بیستم، میزان ظرفیت محیط بیش از اثری بود که انسان از فعالیت خود بر روی طبیعت برجای می‌گذاشت و هر جا زخمی بر چهره طبیعت می‌خورد (۷)، عوامل مختلف طبیعی با هماهنگی یک‌دیگر به ترمیم آن می‌پرداختند و تعادل محیط را حفظ می‌کردند. اما از سال ۱۹۶۱ اثر فعالیت‌های انسان بر روی محیط از ظرفیت زیستی طبیعت پیشی گرفت، به‌طوری که امروزه سرانه جای پای مصرف انسان بر طبیعت در جهان ۲/۷ هکتار و سرانه زیستی جهان ۱/۸ هکتار است (۸). این نشان می‌دهد که بشر تقریباً ۵۰ درصد بیش از ذخیره‌ای که در دست دارد، مصرف می‌کند و این‌که با این روش مصرف، انسان‌ها نیازمند ۱/۵ سیاره برای جبران مصرف خود هستند و کره زمین تقریباً یک سال و ۶ ماه وقت نیاز دارد تا منابع مصرف شده توسط انسان در یک سال را احیا کند (۹). بر این اساس، در سال‌های اخیر توجه به اثرات فعالیت‌های انسان بر طبیعت مورد توجه NGO ها و سازمان‌های محیط زیست جهانی قرار گرفته است.

بررسی وضعیت اکولوژیک در ایران نیز نشان می‌دهد که سرانه ظرفیت زیستی آن ۰/۹ هکتار است، در حالی که جای پای اکولوژیک آن ۲/۶۸ هکتار می‌باشد (۱۰)، این امر ضمن آن‌که نشان‌دهنده مصرف بیش از حد از منابع و وابستگی به منابع

1- Mathis Wackernagel
2- William Rees

دیگر مناطق جهان برای تأمین نیازهای اکولوژیک ساکنان است، باعث ایجاد مشکلات فراوانی از جمله رواج بیماری‌ها، پایین آمدن سطح کیفیت زندگی و ... شده است. این امر به‌ویژه در کلان‌شهرهایی هم‌چون شهر اهواز که در سال‌های اخیر به دلیل استفاده نامناسب از منابع و امکانات و مشکلاتی از جمله آلودگی آب رودخانه کارون در اثر ورود آشکار فاضلاب شهر به آن، حرکت ریزگردها، آلودگی هوا در نتیجه فعالیت‌های حمل و نقل و صنایع نفتی، آلودگی خاک و منابع آب زیرزمینی، دچار ناپایداری و آسیب‌پذیری شده‌اند، حایز اهمیت فراوانی است. بنابراین از آن‌جا که امروزه ایجاد شهر پایدار، لازمه دست‌یابی به جامعه‌ای پایدار می‌باشد و به منظور ارتقا کیفیت کلی زندگی ساکنین شهر اهواز و دستیابی به توسعه پایدار اکولوژیک در این شهر، در این پژوهش ضمن بررسی وضعیت پایداری در شهر اهواز، به پاسخ‌گویی به سؤالاتی هم‌چون؛ جای پای اکولوژیک در شهر اهواز چه قدر می‌باشد؟ و ظرفیت زیستی این شهر به چه میزان می‌باشد؟؛ پرداخته شده است.

پیشینه و مبانی نظری تحقیق

از جمله تحقیقات داخلی و خارجی که پیرامون مساله تحقیق صورت گرفته می‌توان به مواردی هم‌چون، گاللی (۲۰۱۵) اشاره کرد که به تشریح منطق تعیین رد پای اکولوژیک و ایجاد اطمینان به نتایج محاسبات رد پای اکولوژیک برای استفاده در ارزیابی خطرات محیط‌زیستی محیطی و توصیه‌های سیاستی پیرامون این مساله در مراکش پرداخته است. نتایج تحقیقات وی نشان داد که ارزش اصلی رد پای اکولوژیک بسیار برجسته است و فعالیت‌های انسان به خارج شدن محیط زیست از تعادل و افزایش رد پای اکولوژیک بسیار اثر گذار است (۱۱). گونزالس- والیو، مارو و سولیس گازمن (۲۰۱۵) به بررسی رد پای اکولوژیک ۹۲ پروژه ساخت مسکن در اسپانیا پرداخته‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که ایجاد خانه‌های وسیع و بزرگ در زمان ایجادشان رد پای اکولوژیکی ۱/۵ برابر بیش‌تر نسبت به خانه‌های چهار طبقه چندین خانواری داشته است (۱۲). لئو و همکارانش (۲۰۱۴) به محاسبه عوامل سودمند برای تعیین رد پای اکولوژیک در چین با استفاده از روش منطقی پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که شبکه تولید اصلی از هر نوع اکوسیستم دارای تفاوت‌هایی بر حسب عوامل سودمندی در ایالات مختلف بوده است (۱۳). جمعه پور، حاتمی نژاد و شاهنواز (۱۳۹۲) با استفاده از روش جای پای اکولوژیک به بررسی پایداری شهرستان رشت پرداخته‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که جای پای مصرف در شهرستان رشت، ۱/۶۷۹ هکتار به ازای هر نفر و ظرفیت زیستی ۰/۴۱۴ هکتار به ازای هر نفر است (۳). سرایی و زارعی (۱۳۹۰) منابع بوم شناختی ایران را پس از انقلاب اسلامی تا سال ۱۳۸۰ بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که منابع اکولوژیک در ایران به صورت ناپایدار استفاده شده است (۱۴). شکور و همکاران (۱۳۹۰) به سنجش پایداری گردش‌گری در دهستان بوان از شهرستان نورآباد ممسنی با استفاده از روش رد پای اکولوژیک پرداخته‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که وضعیت گردش‌گری در منطقه مورد مطالعه آن‌ها در حالت پایدار قرار دارد (۱۵). در این پژوهش برخلاف پژوهش‌های دیگر که به بررسی جای پای اکولوژیک در ابعادی هم‌چون گردش‌گری و یا در سطوح کلانی هم‌چون شهرستان پرداخته‌اند، با توجه به این اصل که شهر پایدار، امکان ایجاد جامعه پایدار را فراهم می‌سازد و با توجه به ارتباط متقابل و دوسویه جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی در پایداری شهرها، ضمن بررسی وضعیت پایداری از طریق برآورد جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی، شرایط کلان شهر اهواز از نظر جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی با شرایط جهان، آسیا و کشور از این نظر مورد مقایسه قرار گرفته است.

جای پای اکولوژیک

شاخص رد پای اکولوژیک در اوایل دهه ۱۹۹۰ توسط ویلیام ریز[1] و ماتیس واکرناگل[2] ارایه شد و به سرعت گسترش یافت (۱۶). ریز و واکرناگل برای اولین بار رد پای اکولوژیک[3] را برای سیزده کشور توسعه یافته، با استفاده از داده‌های منابع جهانی،

1- William Rees
2- Mathis Wackernagel
3- Ecological Footprint

تخمین زدند (۱۷). ایده اولیه رد پای بوم شناسی این است که هر فرد، فرآیند، فعالیت و منطقه‌ای از کره زمین، نوعی ارتباط با زمین دارد که این ارتباط از طریق استفاده از منابع، تولید مواد زاید و استفاده از خدمات تولید شده توسط طبیعت است (۱۸ و ۱۹). رد پای اکولوژیک یک ابزار محاسباتی برای اندازه گیری اثرات تقاضای جمعیت بر روی طبیعت است. در واقع رد پای اکولوژیک نحوه استفاده از منابع طبیعت را برای تأمین نیاز انسان‌ها، شهرها، نواحی، دولت‌ها و ... محاسبه می‌کند، به عبارت دیگر رد پای اکولوژیک، مجموع قلمرو اراضی حاصل‌خیز و آب مورد نیاز جهت تولید مستمر منابع مصرفی مورد نیاز انسانی و جذب تمام زایدات حاصل از آن در یک اجتماع مشخص و در هر مقیاس جهانی می‌باشد (۲۰). این رویکرد باعث می‌شود که انسان به ارتباط بین تقاضاهایش برای تأمین نیازهای مادی خود و منابع طبیعت پی ببرد (۲۱). به طور کلی می‌توان گفت که ردپای اکولوژیک هم اکنون به عنوان یک شاخص عملیاتی ساده، برای کمک کردن به حفاظت در مقابل پایداری و ناپایداری تعریف می‌شود. رد پای بوم شناسی برخورد انسان را با زمین در یک الگوی روشن و واضح نشان می‌دهد. رد پای اکولوژیک، به عنوان مقدار مساحت زمینی که برای مصرف یک جمعیت و جذب مواد زاید آن‌ها مورد نیاز است، نیز تعریف می‌شود (۲۲).

ظرفیت زیستی

ظرفیت زیستی، نواحی زمین حاصل‌خیزی است که برای تولید منابع و جذب پسماند وجود دارد (۲۲). به عبارتی دیگر ظرفیت زیستی، توانایی اکوسیستم برای تولید مواد زیستی مفید و دفع مواد زاید تولید شده توسط انسان با استفاده از دانش و تکنولوژی جاری اوست. ظرفیت زیستی مناطقی مانند صحرای آفریقا و کوه‌های آلپ را که زندگی در آن‌جا وجود ندارد، شامل نمی‌شود. ظرفیت زیستی، یک معیار تراکمی از میزان زمین موجود است که با بهره‌وری آن، زمین وزن دهی می‌شود. به طور خلاصه، ظرفیت زیستی توانایی پهنه‌های آبی و خاکی برای تهیه‌ی خدمات اکولوژیک است (۱۶).

روش تحقیق

این پژوهش از لحاظ هدف کاربردی است که با استفاده از روش توصیفی – تحلیلی انجام شده است. در این پژوهش ابتدا از طریق منابع کتاب‌خانه‌ای اطلاعات مورد نیاز پیرامون مساله و پیشینه تحقیق گردآوری شد. سپس متناسب با وضعیت داده‌های موجود در سطوح متفاوت منطقه‌ای و شهری و با بهره‌گیری از روش اسنادی، اطلاعات مورد نیاز از طریق سال‌نامه آماری استان خوزستان، آمارنامه شهر اهواز اسناد معاونت بازیافت شهرداری اهواز، و سایر ارگان‌های مربوطه جمع آوری گردید. در مرحله بعد با روش جای پای اکولوژیک از طریق برآورد سرانه‌ی مصرف سالانه‌ی مواد مصرفی اصلی، بر اساس مجموع داده‌های منطقه‌ای و تقسیم مصرف کل به میزان جمعیت و برآورد زمین اختصاص داده شده به هر نفر برای تولید هر مورد مصرفی، از راه تقسیم متوسط مصرف سالانه‌ی هر مورد بر متوسط سالانه‌ی تولید یا بازده زمین و محاسبه‌ی متوسط کلّ ردّ پای اکولوژیک هر نفر[1] (EF) از طریق جمع زدن تمامی مناطق اکوسیستم که به هر نفر اختصاص می‌یافت، جای پای اکولوژیک[2] (Efp) برای جمعیت منطقه‌ی برنامه‌ریزی شده (N)، با محاسبه‌ی حاصل ضرب متوسط رد پای هر نفر در اندازه‌ی جمعیت (Efp= N × EF) تعیین گردید(۱۶). سپس ظرفیت زیستی شهر اهواز با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$BC = A \times YF \times EQF \qquad (1)$$

در این رابطه BC ظرفیت زیستی[3]، A نواحی موجود برای یک نوع مصرف زمین معین و YF و EQF به ترتیب ضریب بازده و ضریب تعادل برای انواع پهنه‌های زمین می‌باشند. ضریب بازده، نسبت متوسط بازده ملّی به متوسط بازده جهانی است. ضریب تعادل، نواحی موجود یا مورد تقاضای یک نوع زمین خاص؛ درون واحدهای متوسط، نواحی بهره‌ور زیستی جهان بر حسب نوع مصرف زمین و سال را نشان می‌دهد (۳)، در نهایت

1- Ecological Footprint per person
2- Ecological Footprint
3- Biological capacity

جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی با جای پا و ظرفیت زیستی جهان، آسیا و ایران مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌های تحقیق

محاسبه جای پای اکولوژیک در شهر اهواز

در روش جای پای اکولوژیک برای مصرف هر نوع انرژی و مواد، مقدار معینی زمین در یک یا چند اکوسیستم نیاز است تا جریان‌های مصرف منابع مشخص شود. مبنای اندازه گیری در این روش واحد سطح است و هر واحد سطح برابر با یک هکتار زیستی بارور، نسبت به میانگین بهره‌وری جهانی است. از آن‌جایی که بهره‌وری زمین‌ها دارای سطوح متفاوتی است، بنابراین واحد سطح برای اراضی زراعی ۰/۳ هکتار (بارورترین زمین‌ها)، برای اراضی جنگلی ۰/۶ هکتار، برای اراضی مرتعی ۲/۷ هکتار و ۱۶/۳ هکتار برای دریاها در نظر گرفته شده است (۲۳ و ۲۴). روش واحد سطح یکی از مناسب‌ترین، بهترین و کامل‌ترین روش‌ها برای برآورد جای پای اکولوژیک می‌باشد. در زیر ابتدا به محاسبه جای پای اکولوژیک شهر اهواز در بخش‌های حمل و نقل، غذا، مواد زاید، برق، گاز و آب پرداخته شده، سپس جا پای اکولوژیک شهر اهواز تعیین گردیده است.

در این مرحله با توجه به سه نوع سوخت رایج در خودروها (بنزین، گازوییل و گاز)، ابتدا آمار مورد نیاز از معاونت حمل و نقل و سال‌نامه آماری شهر اهواز استخراج شد، سپس رد پای بنزین، گازوییل و گاز مصرف شده تعیین گردید، در نهایت با جمع رد پای اکولوژیک در سه بخش مذکور، جای پای اکولوژیک حمل و نقل در شهر اهواز تعیین شد.

جای پای بنزین

میزان بنزین مصرف شده در شهر اهواز در سال ۱۳۹۰ برابر با ۴۲۴ میلیون لیتر بوده است. بر این اساس به صورت زیر به محاسبه رد پای اکولوژیک بنزین پرداخته شد. بر اساس تحقیقات انجام شده بنزین بدون سرب معادل ۱۲۵۰۰۰ BTU (انرژی حرارتی تولید شده) در گالن بوده و مقدار آزاد سازی کربن در آن نیز ۱۹/۳۵ تن کربن در هر میلیارد BTU می‌باشد. هم‌چنین سوخت گازوییل نیز معادل ۱۳۸۷۰۰ (انرژی حرارتی تولید شده) در هر گالن است و در هر میلیارد BTU، ۱۹/۹۵ تن کربن رها می‌سازد (۲۵).

424 ÷ 1095389 = 0.000387077 × 1000000 = 387.0771023 liter

با توجه به محاسبات صورت گرفته سرانه مصرف بنزین در شهر اهواز برابر با ۳۸۷/۰۷۷ لیتر در سال برای هر فرد است. هم‌چنین از آن‌جایی که هر یک گالن آمریکایی برابر با ۳/۷۸۵۳ لیتر می‌باشد، بنابراین داریم:

387.0771023 ÷ 3.7853 = 102.2579722 gallons

102.2579722 gallons × 125000 BTU/gallon = 12782246.53 BTU

0.012782247 *Billion BTU* × 19.35 ton carbon / billion BTU = 0.24733647 tones Carbon

حال با توجه به این قانون که سالانه برای جذب ۱/۸ تن کربن یک هکتار زمین نیاز است، در زیر به تعیین میزان سرانه زمین مورد نیاز برای جذب کربن ناشی از مصرف بنزین در شهر اهواز پرداخته می‌شود.

0.24733647 tones Carbon × 1 hectare ÷ 1.8 tones Carbon = 0.13740915 hectare

بر اساس محاسبات فوق سرانه زمین مورد نیاز برای جذب کربن تولید شده از مصرف بنزین در شهر اهواز برابر با ۰/۱۳۷۴۰۹۱۵ هکتار می‌باشد، برای به دست آوردن رد پای شهر عدد ۰/۱۳۷۴۰۹۱۵ در تعداد جمعیت شهر اهواز ضرب می‌شود.

0.13740915 × 1095389 = 150516.4716 hectare

جای پای گازوییل

بر اساس برآورد صورت گرفته شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران (منطقه خوزستان)، میزان مصرف گازوییل در شهر اهواز ۱۴۹۶ میلیون لیتر می‌باشد که برای تعیین میزان رد پای آن به صورت زیر عمل می‌شود.

1496 ÷ 1095389 = 0.001365725 × 1000000 = 1365.72487 liter

1365.72487 ÷ 3.7853 = 360.7969964 gallons

گالن سرانه مصرف

360.7969964 gallons × 138700 BTU / gallon = 50042543.4 BTU

0.050042543 *Billion BTU* × 19.95 ton carbon / billion BTU = 0.998348741 tones Carbon

در این مرحله نیز با توجه به این قانون که هر ساله برای جذب ۱/۸ تن کربن یک هکتار زمین نیاز است، بنابراین سرانه میزان زمین مورد نیاز برای جذب گازوییل به صورت زیر محاسبه می‌شود:

0.99834874 tones Carbon × 1 hectare ÷ 1.8 tones Carbon = 0.554638189 hectare

در این مرحله برای محاسبه کلی جای پای شهر در زمینه گازوییل، سرانه زمین مورد نیاز برای جذب کربن ناشی از مصرف گازوییل در تعداد جمعیت شهر اهواز ضرب می‌گردد.

0.554638189 × 1095389 = 607544.5715 hectare

جای پای گاز LPG و CNG مصرفی در خودروها

از آن‌جا که میزان گاز مایع (LPG) مصرف شده توسط خودروها در شهر اهواز ۳۳۸۹۲۳۰۰۰ تن معادل با ۴۵۱۸۹۷ میلیون لیتر بنزین و میزان گاز طبیعی (CNG) مصرف شده در خودروها ۱۲۲۱۶۶/۵۳۰ تن می‌باشد و هم‌چنین از آن‌جا که وزن یک کیلوگرم گاز طبیعی معادل با ۱/۳۳ لیتر بنزین می‌باشد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که میزان گاز طبیعی مصرف شده در خودروها در شهر اهواز ۹۱۸۵۴۵۳۳/۸۳ لیتر بنزین و مجموع میزان هر دو گاز مایع و طبیعی مصرف شد در خودروهای سبک ۹۲۳۰۶۴۳۰/۸۳ لیتر بنزین می‌باشد. در این قسمت به منظور درک بهتر مساله ابتدا مقادیر گاز مایع و طبیعی مصرفی در خودروها بر حسب لیتر بنزین محاسبه شده، سپس به فوت مکعب تبدیل گردید.

از آن جایی که در یک فوت مکعب ۰/۰۲ مول متان وجود دارد و با این توجه که جرم مولکولی متان ۱۶/۰۴۳ گرم در مول است، بنابراین:

16.043 g/ mole × 0.02 moles = 0.32 grams CH_4 per cubic Foot

با در نظر داشتن این نکته که ۷۵ درصد از متان، کربن است، نتیجه می‌گیریم که:

0.32 grams carbon per cubic foot × 0.75 = 0.24 grams carbon per cubic foot

در این قسمت به منظور درک بهتر مساله ابتدا مقادیر گاز مایع و طبیعی مصرفی در خودروها بر حسب لیتر بنزین محاسبه شده، سپس با استفاده از قانون تبدیل واحدها (یک لیتر معادل ۰/۰۳۵۳۱۶ فوت مکعب) و از آن‌جا که مبنای محاسبه مقدار کربن گازها فوت مکعب می‌باشد، لیتر بنزین به فوت مکعب تبدیل شد. بنابراین میزان گاز مصرف شده توسط خودروهای سبک در شهر اهواز برابر با ۳۲۵۹۸۹۳/۹۱۱ فوت مکعب می‌باشد. بر این اساس میزان زمین مورد نیاز برای جذب کربن تولید شده به صورت زیر خواهد بود:

3259893.911 × 0.24 = 782374.5387 *grams carbon*

782374.5387 ÷ 10^6 = 0.782374539 ton

0.782374539 ÷ 1.8 = 0.434652522 hectare

با توجه به نتایج فوق می‌توان نتیجه گرفت که میزان زمین مورد نیاز برای جذب کربن ناشی از مصرف گازهای مایع و طبیعی در خودروهای شهر اهواز برای هر نفر ۳/۹۶۸۰۲ کیلومتر مربع و برای کل شهر معادل ۴۳/۴۶۵۲ کیلومتر مربع یا ۰/۴۳۴۶۵۲۵۲۲ هکتار می‌باشد.

محاسبه جای پای اکولوژیکی حمل و نقل

محاسبه کلی جای پای اکولوژیکی حمل و نقل از طریق جمع ردپای سوخت‌های مصرف شده بخش حمل و نقل (بنزین، گازوییل و گاز) به دست می‌آید.

0.13740915 + 0.554638189 + 3.96802E-07 = 0.692047736 hectare

150516.4716 + 607544.5715 + 0.434652522 = 758061.4778 hectare

با توجه به نتایج فوق رد پای حمل و نقل در شهر اهواز ۰/۶۹ هکتار به ازای هر نفر اهوازی و برای کل شهر اهواز برابر با ۷۵۸۰۶۱/۴۷۷۸ هکتار است.

جای پای مواد غذایی

بر اساس داده‌های به دست آمده از سازمان میوه و میادین شهر اهواز و سازمان صنعت، معدن و تجارت استان خوزستان، مقدار کل مصرف مواد غذایی شهر اهواز ۹۶۳۶۵۰/۰۳ تن است. همچنین از آنجا که بر اساس آمارهای وزارت جهاد دانشگاهی

حدود ۱۰ درصد از کل تولیدات محصولات کشاورزی به ضایعات پیش از مصرف اختصاص دارد و بر این اساس می‌توان گفت مقدار ضایعات پیش از مصرف ۹۶۳۶۵/۰۳ تن بوده است. بنابراین مصرف سالانه به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

Efood + Ewast = 963650.03 + 96365.03 = 1060015.033 tons =مصرف سالانه

به منظور برآورد اراضی مورد نیاز برای تولید این مقدار مصرف، از تناسب سطوح زیر کشت و مقدار تولید محصولات سالانه بهره برداری کشاورزی شهر اهواز از آمار نامه سال ۱۳۹۰ این شهر، استفاده شده است. در این سال مجموع سطوح زیر کشت محصولات استان ۱۵۷۶۴۲۷ هکتار و مقدار تولید محصولات سالانه ۹۶۸۸۴۸ تن بوده است. بر این اساس میزان زمین مورد نیاز برای تولید یک تن محصول کشاورزی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

968848 ÷ 1576427 = 0.614

بر اساس نتایج حاصل از انجام تحقیق به طور متوسط ۰/۶۱۴ هکتار زمین برای تولید یک تن محصول کشاورزی در استان نیاز است. بنابراین می‌توان میزان زمین تأمین کننده‌ی مقدار مصرف مواد غذایی شهر اهواز را تعیین کرد:

1060015.033 ÷ 0.614 = 651469.0783 hectare

میزان زمین مورد نیاز برای تأمین مقدار مصرف غذایی شهر اهواز

651469.0783 ÷ 1095389 = 0.594737649 hectare جای پای مواد غذایی شهر اهواز

جای پای مواد زاید

بر اساس اطلاعات شرکت بازیافت مواد و تولید کود آلی اهواز، سرانه‌ی تولید زباله‌ی هر شهروند اهوازی حدود ۹۵۰ گرم در روز است (۲۶)، با توجه به این رقم می‌توان سرانه‌ی سالانه‌ی هر نفر و به تبع آن کل شهر را محاسبه کرد.

0.95 × 365 = 346.75 Kg

حجم زباله تولید شده توسط یک شهروند اهوازی در سال (سرانه سالانه تولید زباله)

1095389 × 346.75 = 379826135.8 ÷ 1000 = 379826.1358 ton

بر طبق نتایج به دست آمده می‌توان گفت که مقدار زباله‌ی تولید شده شهر اهواز ۳۷۹۸۲۶/۱۳۵۸ تن در سال است. با توجه به این که ۴ درصد از زباله‌های تولید شده شهر بازیافت می‌شود و نیز به دلیل آن که ۷۱ درصد از زباله‌های شهر اهواز را زباله‌های فساد پذیر (پسماندهای غذایی و باغچه‌ای) تشکیل می‌دهد که در هنگام دفن حدود ۲۵ درصد از حجم اولیه‌شان کاهش می‌یابد، به‌طوری که در هر متر مکعب ۴۵۰ کیلوگرم به حجم ۰/۲ متر مکعب زباله دفن خواهد شد. بنابراین حجم زباله پیش از دفن مساوی است با:

379826.1358 – 15193045.43 = 364633090.3 Kg حجم زباله پس از ۴ درصد بازیافت

364633090.3 ÷ 450 = 810295.7563 m^3 حجم

زباله پیش از دفن

810295.7563 × 0.25 = 202573.9391 m^3 حجم

زباله با توجه به تغییرات فیزیکی در هنگام دفن

از آن جایی که به طور معمول برای دفن هر لایه از زباله ۲ متر عمق نیاز است، بنابراین با توجه به این امر مساحت زمین مورد نیاز برای دفن زباله شهر اهواز برابر است با:

202573.9391 ÷ 2 = 101286.9695 hectare

بر اساس نتایج حاصل از انجام تحقیق، شهر اهواز برای دفن زباله به طور متوسط سالانه حدود ۱۰۱۲۸۳ هکتار زمین نیاز دارد. این مقدار برای هر شهروند اهوازی برابر است با:

101286.9695 ÷ 1095389 = 0.092467 hectare

جای پای آب

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته برای هر ۰/۰۸ هکتار زمین، یک میلیون لیتر آب مورد نیاز است (۲۷). از آن جایی که مصرف آب شهر اهواز در سال ۱۳۹۲ حدود ۹۳۶۶۶۳۴۵ مترمکعب است (۲۸):

93666345000 liter × 0.08 hectare ÷ 1000000 = 7493.3076 hectare

7493.3076 ÷ 1095389 = 0.006840773 رد پای

مصرف آب در شهر اهواز بر حسب هکتار

جای پای برق

کل برق مصرفی شهر اهواز در سال ۱۳۹۰ برابر با ۵۹۷۷۹۵۲ مگاوات ساعت معادل ۵۹۷۷۹۵۲۰۰۰ کیلو وات ساعت بوده

است. از آن جایی که گاز مهم‌ترین منبع تولید برق در شهر اهواز است، بنابراین رد پای برق در قسمت رد پای گاز محاسبه شده است.

جای پای گاز

میزان گاز مصرفی شهر اهواز در سال ۱۳۹۰ در دو بخش خانگی و تجاری برابر با ۴۷۰۵۹۳۰۰۰ متر مکعب و در بخش صنعتی و نیروگاهی ۴۶۲۳۶۶۹۰۰۰ متر مکعب بوده است. حال برای تعیین میزان زمین لازم جهت جذب کربن، میزان گاز مصرفی در تمامی بخش‌ها ابتدا با استفاده از قانون تبدیل واحدها، متر مکعب به فوت مکعب تبدیل می‌شود که بر این اساس مقدار گاز مصرفی شهر اهواز برابر با ۱۶۶۱۸۹۹۱۷۹۵ فوت مکعب می‌گردد.

1.79904E+11 × *0.24* = 43176927007 *grams carbon*

43176927007 ÷ 10^6 = 43176.92701 *ton*

43176.92701 ÷ *1.8* = 23987.18167 *hectare*

23987.18167 ÷ *1095389* = 0.021898323 *hectare*

با توجه به نتایج فوق می‌توان نتیجه گرفت که میزان زمین مورد نیاز برای جذب کربن ناشی از مصرف گاز در بخش‌های مسکونی، تجاری، صنعتی و نیروگاهی شهر اهواز برای هر نفر ۰/۰۲۱۸۹۸۳۲۳ هکتار می‌باشد. جدول (۱) رد پای اکولوژیک به تفکیک عناصر مصرفی را در شهر اهواز نشان می‌دهد.

جدول ۱- رد پای اکولوژیک در شهر اهواز به تفکیک عناصر مصرفی منبع: محاسبات نگارندگان

Table 1. ecological footprint in the city of Ahvaz in terms of the elements of cost

عنصر مصرفی	EFP (hectare)	EF(Capita / hectare)
حمل و نقل	۷۵۸۰۶۱/۴۷	۰/۶۹۲۰۴۷۷۳۶
مواد غذایی	۶۵۱۴۶۹/۰۷	۰/۵۹۴۷۳۷۶۴۹
مواد زائد	۱۰۱۲۸۶/۹۶	۰/۰۹۲۴۶۷
آب	۷۴۹۳/۳۰	۰/۰۰۶۸۴۰۷۷۳
گاز	۲۳۹۸۷/۱۸۱۶۷	۰/۰۲۱۸۹۸۳۲۳
جمع	۱۵۴۲۲۹۸/۳۵۶	۱/۴۰۷۹

از آنجایی که جمعیت شهر اهواز در سال ۱۳۹۰ برابر با ۱۰۹۵۳۸۹ نفر بوده و مساحت مناطق ۸ گانه شهر اهواز برابر با ۲۱۲۶۶/۴۳ هکتار بوده، بنابراین به طور میانگین به هر نفر از ساکنین این شهر ۰/۰۱۹ هکتار زمین اختصاص می‌یابد، که بر این اساس مقدار مصرف زمین در شهر اهواز برای هر نفر ۱۴۰/۷۹ برابر مساحت کنونی شهر است. به عبارتی دیگر برای تأمین زمین مصرفی ساکنین شهر اهواز به مساحتی بیش از استان خوزستان نیاز است و مساحت ۶۴۰۵/۷ هکتاری استان خوزستان تنها ۰/۴۱ درصد از زمین مورد نیاز ساکنین شهر اهواز را تأمین می‌کند.

محاسبه ظرفیت زیستی شهر اهواز

در این مرحله برای بررسی وضعیت پایداری شهر اهواز بر اساس شاخص جای پای اکولوژیک، ابتدا وضعیت ظرفیت زیستی شهر محاسبه شد، سپس با مقایسه ظرفیت زیستی شهر با جای پای اکولوژیک شهر، وضعیت پایداری و یا ناپایداری شهر اهواز تعیین می‌گردد. در این مرحله از آمارهای موجود در سطح شهرستان بهره گرفته شده، سپس نسبت جمعیتی آن برای شهر اهواز تعیین گردید. به منظور تعیین ظرفیت زیستی، ضریب بازده و ضریب تعادل برای هر نوع پهنه‌ی زمین در مقدار مساحت زمین مورد نظر ضرب می‌گردد. ضرایب تعادل زمین‌های مختلف، هر ساله در گزارش

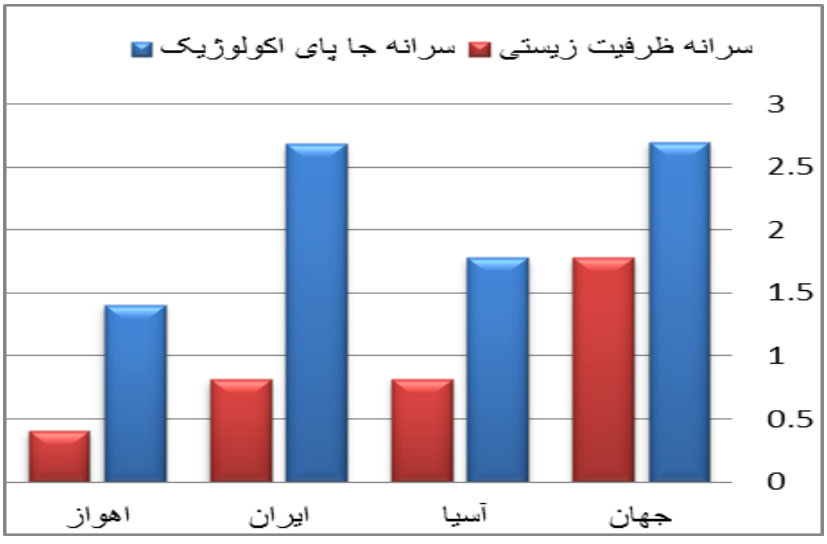
جای پای جهانی منتشر می‌شود و برای تمام مناطق در طول یک سال برابر است. برای برآورد ضرایب بازده هر پهنه‌ی زمین، مقادیر بازده آن پهنه‌ی زمین (مانند مرتع) در منطقه، باید بر متوسط بازده همان پهنه‌ی زمین در دنیا تقسیم شود. جدول(۲) سرانه و کل ظرفیت زمین بر حسب پهنه های زمین را در شهر اهواز نشان میدهد.

جدول ۲- سرانه و کل ظرفیت زمین بر حسب پهنه‌های زمین (هکتار) منبع: محاسبات نگارندگان

Table 2. Per capita and total capacity of the Earth in terms of land zones (ha)

پهنه زمین	کشاورزی	مرتع	جنگل	دریا	مجموع
سرانه ظرفیت زیستی	۰/۱۹۹	۰/۱۲۵۱۱۸	۰/۰۰۰۱۱۴	۰/۰۸۰۷	۰/۴۰۶۰۲۱
کل ظرفیت زیستی	۲۱۹۰۷۰/۴	۱۳۷۰۵۲/۷	۱۲۴/۷۹۶۵	۸۸۵۰۳/۲۲	۴۴۴۷۵۱/۱

نتایج حاصل از ظرفیت زیستی نشان داد که سرانه ظرفیت زیستی در شهر اهواز ۰/۴۰۶ هکتار و برای کل شهر ۴۴۴۷۵۱/۱ هکتار است. به طور کلی مقایسه جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی شهر اهواز گویای آن است که این شهر از لحاظ اکولوژیک در حالت ناپایدار قرار دارد. بررسی و مقایسه جای پای اکولوژیک شهر اهواز (۱/۴ هکتار به ازای هر نفر) با جای پای اکولوژیک جهان، آسیا و ایران نشان می‌دهد که جای پای شهر اهواز کم‌تر از جای پای جهان، آسیا و ایران است، به عبارتی هر چند شهر اهواز در حالت ناپایداری قرار دارد، اما ناپایداری آن در جای پای اکولوژیک نسبت به سطح جهانی ۴۷/۸۵ درصد، نسبت به سطح آسیا ۲۰/۹ درصد و نسبت به سطح ملی ۴۷/۴۶۰۶ درصد، کم‌تر است. از طرفی، بررسی و مقایسه ظرفیت شهر اهواز با ظرفیت زیستی جهان، آسیا و ایران نشان می‌دهد که ظرفیت زیستی این شهر نسبت به سطح جهانی ۷۷/۱۸ درصد، نسبت به سطح آسیا ۵۰/۴۸ درصد و نسبت به سطح کشور ۴۹/۸۷ درصد کم‌تر می‌باشد. به طور کلی باید گفت که شهر اهواز به دلیل عدم تعادل در جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی در حالت ناپایداری قرار دارد. شکل (۲) سرانه جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی را در جهان، آسیا، ایران و اهواز مورد مقایسه قرار داده است.



شکل ۲- مقایسه سرانه جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی در جهان، آسیا، ایران و اهواز

Figure 2. Comparison of per capita ecological footprint and biological capacity in the world, Asia, Iran, Ahvaz

نتیجه گیری

از آن‌جا که دست یابی به توسعه پایدار به ارتباط متقابل و متعادل انسان و طبیعت وابسته است، بنابراین برای دست یابی به توسعه پایدار به‌ویژه توسعه پایدار شهری که زمینه دست‌یابی به توسعه پایدار را در سطح جامعه فراهم می‌سازد، باید اثراتی که انسان بر طبیعت می‌گذارد، مورد توجه قرار گیرد. بر این اساس در این پژوهش با استفاده از روش جای پای اکولوژیک که یکی از روش‌های تعیین پایداری بر مبنای مقدار مصرف انسان‌ها از منابع زیستی و تولید پسماند بر حسب نواحی اکوسیستم است، به بررسی وضعیت پایداری در شهر اهواز پرداخته شده است. نتایج حاصل از انجام تحقیق نشان داد که سرانه جای پای اکولوژیک برای شهر اهواز ۱/۴ هکتار و سرانه ظرفیت زیستی ۰/۴۰۶ هکتار می‌باشد. هم‌چنین نتایج حاصل از انجام تحقیق نشان داد که جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی شهر اهواز نسبت به جای پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی جهان، آسیا و ایران کم‌تر است. البته باید یاد آور شد که بین ظرفیت زیستی و جای پای شهر اهواز نیز تعادلی وجود ندارد. به عبارتی دیگر شهر اهواز از لحاظ اکولوژیک در حالت ناپایدار قرار دارد. در این تحقیق بخش حمل و نقل با ۰/۶۹ هکتار بیش‌ترین سهم را در جای پای اکولوژیک کلی شهر اهواز به خود اختصاص داده است که از این نظر نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق قرخلو و همکاران (۱۳۹۲) (۲۳) هم‌خوانی ندارد، زیرا بر اساس مطالعات آن‌ها بخش غذا بیش‌ترین سهم جای پای اکولوژیک شهر کرمانشاه را به خود اختصاص داده است که از دلایل این تفاوت می‌توان به تفاوت در سبک زندگی و ویژگی‌های فرهنگی در شهر اهواز و کرمانشاه اشاره کرد. هم‌چنین باید یاد آور شد که بر اساس محاسبات، سرانه جای پای اکولوژیک شهر اهواز کم‌تر از سرانه جای پای اکولوژیک شهر کرمانشاه محاسبه شده توسط قرخلو و همکاران (۱۳۹۲) و تحقیق حسین زاده دلیر و ساسان‌پور (۱۳۸۵) در شهر تهران (۲۹) می‌باشد. باید توجه داشت شهر اهواز با بحران‌های زیست محیطی دیگری از جمله ریزگردها نیز مواجه می‌باشد، که این امر نیز باعث افزایش جای پای اکولوژیک شهر می‌شود. البته تغییر در الگوهای مصرف از طریق فرهنگ سازی، همراه با افزایش سطح آگاهی و اطلاعات شهروندان و مسؤولان و گرایش به استفاده و بهره گیری از انرژی‌های پاک برای تأمین نیازها، می‌تواند در بلند مدت باعث کاهش جای پای اکولوژیک شهر شود. در این پژوهش به منظور کاهش جای پای اکولوژیک و افزایش ظرفیت زیستی شهر اهواز پیشنهادهایی به شرح ذیل ارایه می‌گردد:

- توجه به رویکردهای نوین شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری هم‌چون الگوی شهر سبز، شهر اکولوژیک و شهر زیست پذیر
- کنترل آلودگی زه کش‌های وارده به رود کارون
- کنترل شرایط بهداشتی مانداب های درون شهر
- فرهنگ سازی به منظور کاهش حجم زباله توسط شهروندان و رعایت مقررات فنی و بهداشتی در فرایند دفن زباله
- ساخت تصفیه خانه فاضلاب و ترمیم و به سازی شبکه فاضلاب شهر
- تأکید بر توسعه حمل و نقل عمومی برای کاهش حجم عبور و مرور خودروها و کاهش آلودگی‌ها
- آموزش و فرهنگ‌سازی برای مصرف بهینه به منظور کاهش سرانه جای پای اکولوژیک، اصلاح الگوی مصرف و اجرای مدیریت سبز در سطح شهر
- آموزش و اطلاع رسانی در مورد آثار محیط زیستی ناشی از بالا بودن میزان مصرف، با استفاده از مفهوم زمین و روش جای پای اکولوژیک
- برنامه‌ریزی به منظور استفاده بهینه و اصولی از توان‌های اکولوژیک شهر به‌ویژه رود کارون با رعایت شرایط زیست‌محیطی

تقدیر و تشکر

از سرکار خانم زهرا عباسی دانش‌جوی کارشناسی ارشد دانش‌گاه شهید چمران اهواز و کارشناس شهرداری دزفول که

نویسندگان را در فرآیند گردآوری داده‌های مورد نیاز تحقیق یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Morse, S. 2008. Post sustainable development. Sustainable development, No.I6, 341352(http://www.interscience.wiley.com).
2. Maleki, S., Damanbagh., S. 2013. Evaluation of sustainable development indexes with emphasis on physical and social indexes and urban services (A case study of Ahvaz city), Journal of urban structure and function studies, 1(3), 29-54. (In Persian)
3. Jomepour, M., Hataminejad, H., Shahanavaz, S. 2013. An Investigation on Sustainable Development in Rasht County Using Ecological Footprint, Human Geography Research Quarterly, 45(3), 191-208. (In Persian)
4. Eva, D., Javier, F., Salvador, O., and et al. 2012. Carbon and ecological footprints as toolsfor evaluating the environmental impact of coal mine ventilation air. EcologicalIndicators, No. 18, pp. 126–130.
5. Kitzes, J., Moran, D., Galli, A., Wada, Y., and Wackernagel, M. 2009. Interpretation and application of the Ecological Footprint: a reply to Fiala (2008). Ecol. Econ. No. 68, pp. 929–930.
6. Wackernagel, M., Schulz, B., Deumling, D., Linares, A.C., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard, R., and Randers, J. 2002. Tracking the ecological overshoot of the human economy. PNAS Vol. 99, No.14, pp. 9266–9271.
7. Bin, G., Parker, P., 2012. Measuring buildings for sustainability: comparing the initial and retrofit ecological footprint of a century home—The REEP House. Appl. Energy No. 93, pp. 24–32.
8. Walsh, C., O'Regan, B., and Moles, R. 2009. Incorporating methane into Ecological Footprint analysis: a case study of Ireland. Ecol. Econ. No. 68, pp. 1952–1962.
9. Zhao, S., Li, Z., Li, W. 2005. A modified method of Ecological Footprint calculation and its application. Ecol. Model. No.185, pp. 65–75.
10. National Footprint Accounts 2016 (Data Year 2012); World Development Indicators, The World Bank (2016); U.N. Food and Agriculture Organization, Retrieval 2017/02/09 from http://www.footprint network.org /content/documents/ecological footprint nations.
11. Galli, A. 2015. On the rationale and policy usefulness of Ecological Footprint Accounting: The case of Morocco. Environmental science & policy, No.48, pp. 210-224.
12. González-Vallejo, P., Marrero, M., and Solis Guzman, J. 2015. The ecological footprint of dwelling construction in Spain. Ecological Indicators, No. 52, pp.75-84.
13. Liu, M., Zhang, D., Min, Q., Xie, G., and Su, N. 2014. The calculation of productivity factor for ecological footprints in China: A methodological note. Ecological Indicators, No.38, pp.124-129.

14. Saraei., M.A, Zareei, A. 2011. Study of Ecological Capital with EF Index: Case Study, Iran, Geography and environmental planning, 22(1), 97-106. (In Persian)
15. Shakor., A, Qureishi., B, Lashkari., Lashkari., M, Jafari., M, 2011. Evaluation and evaluation of how tourism is sustainable in the lost paradise of Bavan Mamasani using ecological footprint model, Journal of New Attitudes in Human Geography Quarterly, No. 3, 57-67. (In Persian)
16. Wackernagel, M., Rees, W.E. 1996. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers, Gabriola Island, Canada.
17. Zhang, G.B., and Wang, A.Z. 2007. The ecological footprint of middle China in 2004.Ecology and Environment, Vol. 16, No. 2, pp. 598–601 (in Chinese).
18. Wackernagel, M. 2013. Letter to the Editor: comment on Ecological Footprint policy? Land use as an environmental indicator. J. Ind. Ecol., http://dx.doi.org/10.1 111/ jiec. 12094
19. Rees, W.E., and Wackernagel, M. 2013. The shoe fits, but the footprint is larger than earth. PLoS Biol. No. 11 (11) e1001701, http://dx.doi.org/10.1371/ journal.pbio. 1001 701.
20. Wackernagel, M., Monfreda, C., Schulz, N.B., and et al. 2004. Calculating national andglobal ecological footprint time series: resolving conceptual challenges. LandUse Policy, No. 21, pp. 271–278.
21. Chambers, N., Simmons, C., and Wackernagel, M. 2001. Ecological Footprint Analysis:Towards a Sustainability Indicator for Business. Earthscan Publications Ltd.,London.
22. Van den Bergh, J.C.J.M., and Verbruggen, H. 1999. Spatial sustainability, trade and indica-tors: an evaluation of the 'ecological footprint'. Ecological Economics No. 29, pp. 61–72.
23. Gharakhluo, M., Hataminezhad, H., Baghvand., A. Yalve., M. 2013. Urban Sustainable Development Assessment with Regard to Footprint Ecological Method (Case Study: Kermanshah City), Human Geography Research Quarterly, 45(2), 105-120. (In Persian)
24. Rahnama, M.R., Ebadinia, F. 2015. Analysis of Sustainable Transportation in Mashhad Using Ecological Footprint, Journal of Geography and environmental Hazards, 3(3), 93-106. (In Persian)
25. Pezzetta,W.E., Drossman H. 2005.The Ecological Footprint of the Colorado College: An Examination of Sustainability. http://www2.coloradocollege.edu/ Sustainability/ Eco Footprint.
26. Management and Planning Organization of Khuzestan Province, 2013. Statistical Yearbook of Khuzestan Province, (In Persian).
27. Samadpour, P., Faryadi., SH., 2008. Determination of Ecological Footprints of Dense and High-Rise Districts, Case Study of Elahie Neighborhood-Tehran, Journal of environmental studies, 34(45), 63-72. (In Persian)
28. Deputy of Planning and Development of Ahvaz Municipality, 2011. Ahvaz City Statistics, Public Relations and

International Affairs Publications of Ahvaz Municipality. (In Persian)

29. Hosseinzadeh Dalir, K., Sasanpour., F. 2006. Ecological method in the sustainability of metropolises, with a view to the metropolis of Tehran. Geographical Research Quarterly, No. 3, 83-101. (In Persian)