مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره هفت، مهرماه ۱۴۰۰(۲۹۰-۲۸۱)

ارزیابی جای پای بوم شناختی استفاده از سوخت‌های فسیلی شهر اهواز

سیدتاج الدین منصوری[۱]

اسماعیل ضرغامی[*۲]

ezarghami@sru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۶/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۱۰**

چکیده

زمینه و هدف: یکی از مشکلات افزایش جمعیت در شهرها، تغییرات مداوم و آرام در آب و هوای مناطق مختلف جهان است. علت آن را می‌توان در تغیر ساختار محیط توسط انسان به نفع منابع خود، دانست. در پی این تغییرات، غلظت اکسید کربن، به عنوان اصلی ترین گاز گلخانه ای در جو زمین، در نوسان و رو به افزایش بوده است که این امر علت اصلی تغییرات آب و هوا می‌باشد. این پژوهش با استفاده از مفهوم ردپای اکولوژیک، تأثیرات زیست بوم شناختی استفاده از سوخت های فسیلی در شهر اهواز را مورد بررسی قرار می دهد.

روش بررسی: در این تحقیق از روش کلی ابداع شده توسط ریز و وکرناگل استفاده شده است که بر اساس آن محاسبات مربوط به رد پای اکولوژیک به دست آمده است. این روش محاسبه شامل مراحلی است که در این پژوهش برای دستیابی به هدف، از آن ها استفاده شده است. همچنین با استفاده از مطالعات کتابخانه ای و بررسی اسناد و مدارک لازم، اطلاعات کافی و مناسب برای استفاده از روش کلی ریز و وکرناگل، جمع آوری گردیده است.

یافته ها: بر اساس نتایج حاصل (۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳) تأثیرات و میزان جای پای بوم شناختی سوخت‌های فسیلی در سال ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ برای شهر اهواز به ترتیب برابر با ۶/۷۱، ۱۱/۳۶، ۷/۱۷ و ۸/۸۳ هکتار/ نفر می‌باشد که در مقایسه با میزان سرانه جای پای بوم شناختی شهر در سال‌های یاد شده برابر با ۰/۰۱۷۳، ۰/۰۱۶۴، ۰/۰۱۵ و ۰/۰۳۱ در هر سال است، که با توجه به اختلاف بین این دو سطح می‌توان نتیجه گرفت که شهر اهواز در بخش مصرف سوخت‌های فسیلی از جای پای بوم شناختی منطقی برخوردار نمی‌باشد.

بحث و نتیجه گیری: نتایج اولیه نشان می دهند که یکی از دلایل مهمی که باعث شده بزرگی جای پای بوم شناختی شهر اهواز از استانداردهای روز دنیا بیشتر باشد، بالا بودن بخش قابل‌توجهی از جمعیت برای استفاده از خودروها و عدم راه‌اندازی استفاده از کاربری‌های دیگر انرژی مثل نور خورشید که پتانسیل آن هم در منطقه وجود دارد، می‌باشد. در این پژوهش خلاصه میزان جای پای بوم شناختی در بخش مصرف سوخت‌های فسیلی در شهر اهواز نشان می‌دهد که هرساله مسئولان شهر اهواز به چه میزان زمین علاوه بر منابع موجود نیاز دارند تا کربن حاصل از سوختن بنزین و گازوئیل که بخشی از انرژی‌های مورد استفاده شهروندان را، جبران کند.

واژه‌های کلیدی: اهواز، جای پای بوم شناختی، توسعه پایدار، تاب آوری، تخریب.

۱- دانشجوی دکترای معماری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران.

۲- ستاد دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران. *(مسوول مکاتبات)

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

Ecological footprint assessment of the use of fossil fuels in the City of Ahvaz

Sseyed Tajedin Mansoori[1]
Smaiel Zarghami [2*]
ezarghami@sru.ac.ir

Admission Date: May 31, 2021 Date Received: September 9, 2020

Abstract

Background and Objectives: One of the problems of population growth in cities is the continuous and calm changes in the climate of different regions of the world. The reason for this can be seen in the change in the structure of the environment by humans in favor of their resources. Following these changes, the concentration of carbon monoxide, as the main greenhouse gas in the Earth's atmosphere, has been fluctuating and increasing, which is the main cause of climate change. This study uses the concept of ecological footprint to investigate the ecological effects of the use of fossil fuels in the city of Ahvaz.

Material and Methodology: In this research, the general method developed by Riz and Vekernagel has been used, based on which the calculations related to the ecological footprint have been obtained. This method of calculation includes the steps that have been used in this study to achieve the goal. Also, by using library studies and reviewing the necessary documents, sufficient and appropriate information has been collected to use the general method of micronutrients and carcinogens.

Findings: Based on the results (2011-2014), the effects and extent of ecological footprint of fossil fuels in 2011, 2012, 2013 and 2014 for the city of Ahvaz are equal to 6.71, 11.36, 7.17 and 83, respectively. / 8 hectares / person which in comparison with the per capita ecological footprint of the city in the mentioned years is equal to 0.0173, 0.064, 0.015 and 0.031 per year, which due to the difference between this Two levels can be concluded that the city of Ahvaz does not have a logical ecological footprint in the consumption of fossil fuels.

Discussion and Conclusion: Preliminary results show that one of the important reasons that has made the ecological footprint of Ahvaz more than the current world standards, is a significant high part of the population to use cars and not to use other energy uses. It is like the sunshine that has the potential in the region. In this study, a summary of the ecological footprint in the consumption of fossil fuels in Ahvaz shows how much land officials in Ahvaz need each year in addition to available resources to carbon from the burning of gasoline and diesel, which is part of the energy used. Compensate citizens.

Keywords: Ahvaz, ecological footprint, sustainable development, resilience, degradation.

1- PhD. candidate, Department of Architecture and Urban Planning, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.
2- Full Professor, Department of Architecture and Urban Planning, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran. *(*Corresponding Author)*

مقدمه

بحث گرم شدن زمین در سال‌های اخیر بسیار موردتوجه قرارگرفته است. تلاش‌های بین‌المللی در این زمینه در کنفرانس سازمان ملل بر روی آثار محیط زیستی انسانی در سال ۱۹۷۲ آغاز شد و با امضای پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ به نقطه عطف خود رسید. بر اساس پروتکل کیوتو کشورهای صنعتی ملزم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا ۵/۲٪ نسبت به سطح سال ۱۹۹۰ در سال‌های بین ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ شدند (۱). تمام فعالیت‌های انسانی ردپای اکولوژیک دارد و بنابراین جای پای اکولوژیک را می‌توان در زمینه فعالیت‌هایی چون ساخت‌وساز، حمل‌ونقل، مصرف مواد غذایی و مصرف انرژی محاسبه کرد. جای پای اکولوژیک (EF) بازگوکنندهٔ آثاری است که هر کدام از جوامع بر اثر سبک و شیوه زندگی خود بر طبیعت برجای می‌گذارند. به بیان دیگر میزان جای پای اکولوژیک نشانگر مقدار مصرف (تقاضای مردم برای کالاهای طبیعی و خدمات است) و برابر مقدار زمین، یا آبی است که نیازهای مصرفی جامعه را تأمین کرده، یا آن‌که پسماند تولیدی آن‌ها را جذب می‌کنند. به این معنا که جای پای اکولوژیک، نشاندهندهٔ آثاری است که هرکدام از جوامع در اثر سبک و شیوهٔ زندگی خود، بر طبیعت به جای می‌گذارندبنابراین شاخص‌های اصلی و مهم تأثیرگذار بر فضای بوم‌شناختی و زیست‌بوم مانند غذا، مواد زائد، حمل‌ونقل، گرمایش گازهای طبیعی، نیروی الکتریسیته، آب و مسکن مورد بررسی قرار می‌گیرد. مجموع جای پای اکولوژیک هر کدام از این شاخص‌ها، نشانگر اثری است که سکونت در بر روی زیست‌بوم آن دارد. حال با مقایسه این اثر با توان و ظرفیت زیست‌بوم می‌توان به پرسش اصلی یک پژوهش پاسخ داد که آیا فضای بوم‌شناسی توان پاسخگویی به اثر بر جای مانده از سکونت در این فضا را دارد یا نه؟ (۲).

تحقیقات متعدد داخلی و خارجی در ارتباط با محاسبه رد پای اکولوژیک صورت گرفته است. تقی زاده دیوا و روشناس (۱۳۹۶) در پژوهشی با موضوع " کاربرد روش جای پای اکولوژیک در ارزیابی پایداری زیست محیطی شهرستان گرگان" یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که جای پای اکولوژیکی شهرستان گرگان در گروه مصرفی مواد غذایی، مواد زائد، حمل‌ونقل، نیروی الکتریسیته، گرمایش گازهای طبیعی، آب و مسکن ۱/۲۴ هکتار بوده است. کمترین میزان جای پای اکولوژیک مربوط به زمین موردنیاز جهت دفع زباله و بیشترین میزان مربوط به نیروی الکتریسیته است. ازآنجاکه ظرفیت زیستی ایران ۰/۸ هکتار است و ظرفیت زیستی شهرستان گرگان به ازا هر نفر ۰/۶۴۳ هکتار است این بدان معناست که جای پای اکولوژیکی ۱/۵۵ برابر بیش از ظرفیت زیستی قابل‌تحمل کشور و ۱/۹۲ برابر بیش از ظرفیت زیستی قابل‌تحمل شهرستان گرگان است به عبارتی دیگر شهرستان گرگان از ظرفیت زیستی قابل‌تحمل محیط خود فراتر رفته است. با مقایسهٔ ظرفیت زیستی و جای پای بوم‌شناختی می‌توان مشاهده کرد که شهرستان گرگان کسری بوم‌شناختی دارد. قائمی راد و هاشمی نژاد (۱۳۹۶)، در بررسی خود با بحث "ارزیابی جای پای اکولوژیک حمل و نقل شهرستان لاهیجان" به این نتیجه رسیدند که جای پای اکولوژیک حمل ونقل هر فرد ساکن شهرستان لاهیجان برابر ۰/۸۹۲۲ هکتار زمین است. باتوجه به جمعیت شهرستان در کل ۱۵۰۳۲۵/۳۲ هکتار زمین برای بخش حمل و نقل مورد نیاز است که در مقایسه با میزان زمین در دسترس، شهرستان لاهیجان دارای ۱۲۲۸۳۱/۳۲ هکتار کسری زمین است و این موضوع بیانگر میزان فشار وارده بر فضای بوم شناختی جهت تأمین انرژی مورد نیاز حمل و نقل است که منجر به ناپایداری اکولوژیکی شهرستان لاهیجان می‌شود (۳). تیموری و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با عنوان "رد پای اکولوژیک گاز دی‌اکسید کربن سوخت‌های فسیلی شهر شیراز" به این نتیجه رسیدند که سرانه فضای سبز شهری در شهر شیراز انطباقی با ردپای اکولوژیک حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی ندارد. همچنین حجم گاز دی‌اکسید کربن تولیدشده ناشی از سوخت‌های فسیلی بیش از ظرفیت زیستی

موجود این شهر است (۴). ژیینگ و کویان[1] (۲۰۱۶) در مقاله " تجربی جاپای اکولوژیک مصرف خانوار در چین" بدنبال پاسخ به این سؤال که آیا کشور چین باید به دنبال یک الگوی مصرف دوستدار محیط زیست باشد در حالیکه این کشور یک کشور در حال توسعه بوده که سرانه درآمد آن رتبه ای بیش از ۱۰۰ را در جهان به خود اختصاص داده است؟ به این نتیجه رسیدند که سرانه رد پای اکولوژیک رو به افزایش و سرانه تغییرات ظرفیت برد اکولوژیک ثابت است. کمبود سرانه اکولوژیک که گسترش رو به افزایشی را در آغازسال ۲۰۰۲ داشت کمبود جدی‌تری را در سال ۲۰۰۷ نشان داد و این موضوع لزوم استفاده از یک الگوی مصرف دوستدار محیط زیست را نشان می‌دهد (۵). مور و همکاران۲ (۲۰۱۳) نیز در ارزیابی محیط زیستی و ردپای اکولوژیک مترو در ونکوور به این نتیجه رسیدند که ردپای اکولوژیک مترو ونکوور ۳۶ برابر بیش از خود منطقه است (۶). در این راستا هدف از این پژوهش، محاسبه مقدار اراضی موردنیاز برای جذب میزان گاز CO_2 منتشره شده از سوخت‌های فسیلی با استفاده از روش جاپای اکولوژیک است.

مواد و روش

محدوده مورد مطالعه

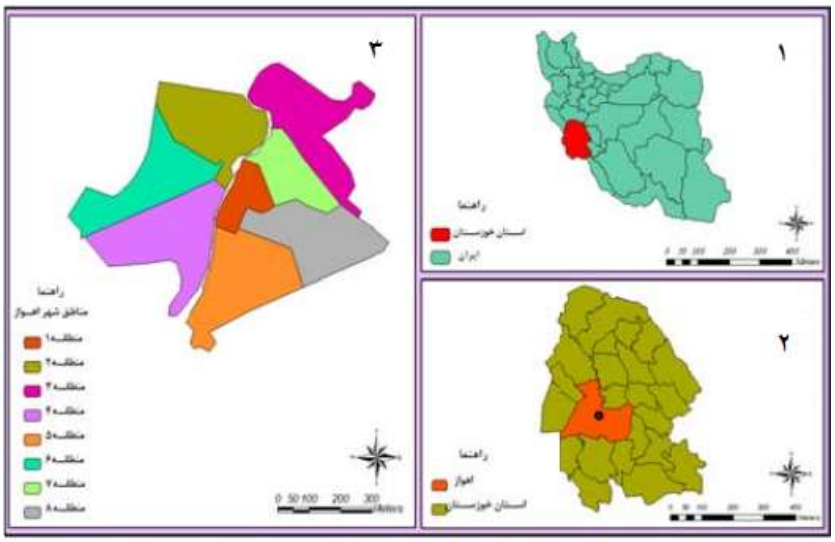
شهر اهواز مرکز استان خوزستان با مساحت تقریبی ۲۲۰ کیلومتر و ارتفاع متوسط ۱۸ متر از سطح دریا و در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۶۵ دقیقه طول شرقی واقع‌شده است (۷). این شهر دارای هشت منطقه شهرداری بوده که هر یک دارای سه یا چهار ناحیه می‌باشند (۸). شهر اهواز بر اساس سرشماری ۱۳۹۰، ٪۲۴ از کل جمعیت استان و ٪۳۳/۸۳ جمعیت شهری استان را تشکیل می‌دهد (۹). شکل ۱ موقعیت شهر اهواز و مناطق هشت‌گانه آن را نشان می‌دهد.

روش پژوهش

نخستین بار ماتیس وکرناگل و ویلیام ریز در دانشگاه بریتیش کلمبیا، اصطلاح و تکنیک ردپای اکولوژیکی را در کتاب ردپای اکولوژیکی ما: کاهش تأثیر انسان بر زمین (۱۹۹۵) ابداع کرده و آنرا توسعه دادند. از منظر این دو اندیشمند، هر واحد انسانی (اعم از فرد، شهر و یا کشور) تأثیری بر زمین می گذارد، زیرا تولیدات و خدمات طبیعت را مورد استفاده قرار می دهد. تأثیر اکولوژیکی آنها برابر با مقدار طبیعتی است که آنها برای تداوم زندگی اشغال کرده اند. ریز و وکرناگل (۱۹۹۶) به جای اینکه بپرسند یک منطقه خاص، از چند نفر جمعیت می تواند به صورت پایدار حمایت نماید؟ سؤال انتقادی دیگری را مطرح کردند: چه مقدار از یک منطقه حاصلخیز برای تداوم نامحدود جمعیتی محدود لازم است، و آن سرزمین در کجای زمین واقع شده است؟ به نظر آنها، طرح این رهیافت بر هر گونه ایراد وارد بر مفهوم ظرفیت انسانی مبتنی بر عوامل تجاری و تکنولوژیکی فائق می آید. به عبارت دیگر، از آنجا که بیشتر اشکال درآمد طبیعی (منابع و خدمات تجاری) بوسیله اکوسیستم های زمینی تولید می شوند، این امر باید محتمل باشد که بتوان نواحی زمینی - آبی مورد نیاز برای تولید پایدار مقدار زیادی از هر نوع منبع یا خدمات اکولوژیکی مورد استفاده جمعیت یا اقتصاد محدود در سطح خاصی از تکنولوژی را پیش بینی کرد. مجموع چنین محاسباتی برای همه طبقات مهم مصرف، یک برآورد محافظه کارانه ناحیه محور سرمایه طبیعیِ مورد نیاز برای آن جمعیت یا اقتصاد را تولید خواهد کرد. این ناحیه، ردپای اکولوژیکی صحیح نامیده می شود. محاسبه ردپای اکولوژیکی بر اساس دو واقعیت ساده صورت می پذیرد: نخست، ما می توانیم ردپای اکثر منابعی را که مصرف می کنیم و بیشتر زباله هایی را که دفع شان می نمائیم مشخص کنیم؛ و دوم اینکه، بیشتر این جریانات منابع و زباله ها می توانند به منطقه زیستی تولید کننده ای که برای تدارک این امور لازم است تبدیل شوند. بنابراین، ردپاهای اکولوژیکی به ما نشان می دهند که ملل مختلف به چه میزان از طبیعت استفاده می کنند. محاسبات اساسی برای برآورد ردپای اکولوژیکی از لحاظ مفهومی ساده است: ابتدا، مصرف

1- Zhiying and Cuiyan

سرانه اقلام عمده مصرفی (برای مثال انرژی، غذا، تولید و مصرف تولیدات جنگلی) از طریق تقسیم کل مصرف بر تعداد جمعیت برآورد می شود. بسیاری از داده های مورد نیاز برای بررسی های اولیه به راحتی در جداول آماری ملی قابل دسترس است. قدم بعدی، برآورد سرانه زمین های تخصیص داده شده جهت تولید هر کدام از اقلام مصرفی با استفاده از تقسیم میانگین مصرف سالانه هر کدام از اقلام بر میانگین تولید یا محصول است. بنابراین، میانگین کل سرانه ردپای اکولوژیکی (EF) با جمع کردن کل مناطق اکوسیستمِ تخصیص داده شده برای هر فرد به منظور پر کردن سبد خرید سالانه مصرف کالاها و خدمات وی محاسبه می گردد. در نهایت، ردپای اکولوژیکیِ جمعیت مورد مطالعه (EFp) با ضرب میانگین سرانه ردپا در تعداد جمعیت به دست می آید.



شکل۱- منطقه موردمطالعه

Figure1. Area of study

یعنی، $EF=N\ ef$

محاسبه EF بر اساس اقلام پنجگانه مصرف خوراک، مسکن، حمل و نقل، کالاها و خدمات مصرفی و در هشت طبقه کاربری زمین کشاورزی، زمین جنگل، زمین مرتع، فضای ساختمان سازی، زمین کمتر حاصلخیز، حوزه ماهیگری دریایی و درون سرزمینی، اقیانوس آزاد، و زمین مربوط به انرژی صورت می گیرد. میزان سرانه ردپا بازتاب رفاه (مصرف مادی) و پیشرفت تکنولوژیک جمعیت مورد نظر نیز می باشد. بر اساس روش کلی ابداع‌شده توسط ریز و وکرناگل[1] (۱۹۹۶)، محاسبات مربوط به رد پای اکولوژیک شامل مراحل اصلی زیر می‌شود:

ارزیابی سرانه مصرف سالانه مواد مصرفی بر اساس مجموعه داده‌های منطقه‌ای و تقسیم مصرف کل به میزان جمعیت.

ارزیابی زمین اختصاص داده‌شده به هر نفر برای تولید هر مورد مصرفی از طریق تقسیم متوسط مصرف سالانه هر مورد بر متوسط سالانه تولید یا بازده زمین.

محاسبه متوسط کل رد پای اکولوژیک (EF) از طریق جمع زدن تمامی مناطق اکوسیستم که به هر نفر اختصاص‌یافته است.

به‌دست آوردن رد پای اکولوژیک (Efp) برای جمعیت منطقه مورد برنامه‌ریزی (N)، با محاسبه حاصل‌ضرب متوسط رد پای هر نفر در اندازه جمعیت ($Efp = N \times EF$) (۱۰).

به منظور ارزیابی حجم گاز دی‌اکسید کربن نیز از روش IPCC استفاده شد. بنابراین ابتدا میزان مصرف سالانه سوخت و میزان گاز دی‌اکسید کربن تولیدشده و سپس میزان زمین (مترمربع/ هکتار) تأمین‌کننده آن مقدار مصرف یا رد پای اکولوژیک این گاز محاسبه می‌شود. مقدار کل CO2 تولیدشده

1- Rees & Wackernagel

در بخش i بر اساس میزان مصرف انرژی آن بخش، ضریب انتشار کربن برای سوخت مصرفی و کسر کربن اکسیدشده، طبق فرمول زیر به دست می‌آید (۲-۴):

$$CE_{ij}^{t} = \sum_{j} CE_{ij}^{t} = \sum_{J} E_{ij}^{t} EF \sum j\left(1 - CS_{j}^{t}\right) O_{j} M$$

که در آن:

CEti: میزان انتشار گاز CO2 در بخش i در سال t به تن

CEtij: میزان انتشار گاز CO2 در بخش i بر حسب نوع سوخت مصرفی j در سال t به تن

Etij: میزان انرژی مصرفی به تراژول بخش i بر حسب نوع سوخت مصرفی j در سال t به تن

Efj: رد پای اکولوژیک نوع سوخت مصرفی j

CStj: کسری از میزان سوخت j که به عنوان مواد خام اکسید نشده است در سال t

Oj: کسری از کربن اکسیدشده برای نوع سوخت j

M: نسبت وزن مولکولی دی‌اکسید کربن به کربن

جدول۱- ضریب انتشار کربن انواع سوخت به همراه کسری از دی‌اکسید کربن (۴-۲)

Table 1. Carbon emission coefficient of various fuels with a fraction of carbon dioxide (2-4)

نوع سوخت	ضریب انتشار کربن	کسری از کربن اکسیدشده
نفت خام	۲۰	۰/۹
گاز طبیعی مایع	۱۷/۲	۰/۹۸
بنزین	۲۰/۲	۰/۹۸
نفت گاز	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
زغال‌سنگ نارس	۲۸/۹	۰/۹
زغال‌سنگ	۲۵/۸	۰/۹
کک	۲۹/۲	۰/۹

یافته‌های پژوهش

با توجه محاسبات انجام‌شده میزان مصرف سرانه بنزین شهر اهواز طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول۲- مصرف انواع فراورده‌های نفتی (میلیون لیتر) در شهر اهواز (۱۱)

Table 2. Consumption of various petroleum products (million liters) in the city of Ahvaz (11)

سال	گاز مایع (تن)	سوخت هواپیما	بنزین معمولی	بنزین سوپر	نفت گاز	نفت سفید	نفت کوره
۱۳۹۰	۱۱۶۴۳۲	۳۸	۳۸۴	۴۰	۶۱۱	۱	۸۷۰
۱۳۹۱	۳۲۸۷۲	۴۰	۳۹۳	۴۴	۷۱۷	۲	۱۱۰۲
۱۳۹۲	-	۳۹	۸۷۸	۵۴	۱۴۹۶	۴۸	۱۱۳۸
۱۳۹۳	۱۲۰۳۱۹	۳۹	۳۹۹	۴۹	۶۸۷	۰/۸	۹۲۲

جدول۳-میزان بنزین و نفت گاز مصرفی طی سال‌های۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ در شهر اهواز (۱۱)

Table 3. The amount of gasoline and oil and gas consumed during the years 2012 to 2015 in the city of Ahvaz (11)

نوع سوخت	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
بنزین(به لیتر)	۳۸۴۰۰۰۰۰۰	۳۹۳۰۰۰۰۰۰	۸۷۸۰۰۰۰۰۰	۳۹۹۰۰۰۰۰۰
نفت گاز(لیتر)	۶۱۱۰۰۰۰۰۰	۷۱۷۰۰۰۰۰۰	۱۴۹۶۰۰۰۰۰۰	۶۸۷۰۰۰۰۰۰
جمعیت شهر به نفر	۱۰۸۰۹۵۵	۱۱۴۰۷۰۷	۱۲۰۳۴۴۵	۱۴۲۹۴۸۴
سرانه بنزین مصرفی(لیتر برای نفر)	۳۵۵	۳۴۴	۷۲۹	۲۷۹
سرانه نفت گاز مصرفی(لیتر برای نفر)	۵۶۵	۶۲۸	۱۲۴۳	۴۸۰

با توجه به این‌که بنزین بدون سرب برابر ۱۲۵۰۰۰ BTU در هر گالن است که برابر نرخ ۱۹/۳۵ تن کربن آزادشده در هر بیلیون BTU است. همچنین هر گالن بنزین معادل ۳/۷۸۵۳ لیتر بنزین است بنابراین به ازای سوختن ۱ لیتر بنزین ۳۳۰۲۲/۴۸۱۷۱ BTU آزاد می‌شود. سوخت نفت گاز نیز در هر گالن کمابیش ۱۳۸۷۰۰ BTU تولید می‌کند که درنهایت ۱۹/۹۵ تن کربن در هر بیلیون BTU آزاد می‌کند. هر گالن نفت گاز معادل ۳/۷۸۵۳ لیتر نفت گاز است بنابراین به ازای سوختن ۱ لیتر نفت گاز ۳۶۶۴۱/۷۴۵۷ BTU آزاد می‌شود. برای محاسبه زمین موردنیاز برای تأمین سرانه مصرف بنزین و نفت گاز به صورت زیر عمل کرد:

گالن سرانه مصرف بنزین:

۳۶۸÷۳/۷۸۵۳ =۱۰/۸۹۲

gallons × ۱۲۵۰۰۰ BTU/gallons= ۱۳۶۱۵۰۰ BTU

۱۰/۸۹۲

Tonnes ۰/۰۲۶۳۴۵۰۲۵Tonnes Carbon

bilion BTU×۱۹/۳۵ Carbon/bilion BTU=

۰/۰۰۱۳۶۱۵۰۰

حال با توجه به این قانون که سالانه برای جذب ۱/۸ تن کربن یک هکتار زمین نیاز است، بنابراین:

hectare۰/۰۱۴۶۳۶۱۲۵ = Tonnes Carbon ÷ ۱/۸

hectare×۱ Tonnes Carbon۰/۰۲۶۳۴۵۰۲۵

درنتیجه برای محاسبه جای پای کلی شهر ضروری است که عدد ۰/۰۱۴۶۳۶۱۲۵ را در تعداد جمعیت شهر ضرب کنیم:

۰/۰۱۴۶۳۶۱۲۵×۱۰۳۸۹۸۰=۱۵۲۰۶

گالن سرانه مصرف نفت گاز:

۵۹۱÷۳/۷۸۵۳ =۱۵۶/۱۳۰

gallons ۱۳۸۷۰۰ BTU/gallons= ۲۱۶۵۵۲۳۱ BTU

۱۵۶/۱۳۰×

Tonnes Carbon۰/۴۳۲۰۲۱۸Tonnes

Carbon/bilion BTU= ۱۹/۹۵ bilion BTU×

۰/۰۲۱۶۵۵۲۳۱

حال با توجه به این قانون که سالانه برای جذب ۱/۸ تن کربن یک هکتار زمین نیاز است، بنابراین:

hectare۰/۲۴۰۰۱۲۱ = Tonnes Carbon ÷ ۱/۸

hectare×۱ Tonnes Carbon۰/۴۳۲۰۲۱۸

درنتیجه برای محاسبه جای پای کلی شهر ضروری است که عدد ۰/۲۴۰۰۱۲۱ را در تعداد جمعیت شهر ضرب کنیم:

۰/۲۴۰۰۱۲۱×۱۰۳۸۹۸۰=۲۴۹۳۶۷

با توجه به حجم بنزین و نفت گاز مصرفی و رد پای اکولوژیک آن و رابطه طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ میزان دی‌اکسید کربن تولیدشده و جای پای آن در جداول زیر آورده شده است:

جدول ۴- حجم گاز CO_2 تولید شده از سوخت گازوئیل و جای پای آن بین سال های ۱۳۹۳-۱۳۹۰

Table 4. Volume of CO_2 gas produced from diesel fuel and its footprint during the years 2012-2015

	گاز دی‌اکسید کربن منتشرشده (تن)			
نوع سوخت و جای پای اکولوژیک	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
بنزین	۵۱۲/۲۷	۶۹۷/۵۷	۱۵۵۹	۷۰۹
نفت گاز	۷۹۵/۳۳	۱۶۳۲	۳۴۰۴	۱۵۶۵

جدول ۵-خلاصه میزان جای پای بوم شناختی در بخش مصرف سوخت‌های فسیلی در شهر اهواز (منبع: نویسندگان)

Table 5. Summary of ecological footprint in fossil fuel consumption in Ahvaz (Source: Authors)

ردیف	سال	گروه مصرفی	زمین موردنیاز برای جذب کربن (هکتار)		میزان جای پای بوم شناختی (هکتار/نفر)		سرانه جای پای بوم شناختی در هر سال (هکتار)	کسری جای پای بوم شناختی
۱	۹۰	بنزین	۲۸۴/۶	۷۲۶/۱	۲/۶۳	۶/۷۱	۰/۰۱۷۳	دارد
۲		گازوئیل	۴۴۱/۵		۴/۰۸			
۱	۹۱	بنزین	۳۸۷/۴	۱۲۹۴/۱	۳/۳۹	۱۱/۳۶	۰/۰۱۶۴	دارد
۲		گازوئیل	۹۰۶/۷		۷/۹۷			
۱	۹۲	بنزین	۸۶۶/۱۲	۲۷۵۷/۳	۷/۱۶	۷/۱۷	۰/۰۱۵	دارد
۲		گازوئیل	۱۸۹۱/۲		۰/۰۰۱۵			
۱	۹۳	بنزین	۳۹۳/۸	۱۲۶۳/۸	۲/۷۵	۸/۸۳	۰/۰۳۱	دارد
۲		گازوئیل	۸۷۰		۶/۰۸			

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش جمعیت شهرها باعث افزایش مشکلات شهرنشینی بی‌شماری شده است. شهرها در معرض انواع آلودگی‌های هوا، خاک، آب و صوت قرارگرفته و بر نظام‌های پشتیبان حیات بیش از ظرفیت کشش آنها فشار وارد شده است. یکی از مهم‌ترین عوامل ناپایداری در شهرها، آلودگی هوا ناشی از مصرف انرژی‌های سوختی، افزایش آلاینده‌ها و درنتیجه افزایش گازهای گلخانه‌ای است. بر اثر افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی در شهرها، حجم گاز CO_2 به عنوان یکی از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای رو به افزایش بوده و اقلیم کره زمین را دستخوش تغییرات سریعی کرده است. یکی از راه‌های پایداری محیط‌زیست شهری و مقابله با آلودگی‌ها، توجه ویژه به کاربری فضای سبز است؛ چراکه مهم‌ترین راه کاهش اثر گاز CO_2 استفاده از فضاهای سبز شهری می‌باشد. همان‌طور که نتایج این بررسی نشان داد با توجه به جمعیت شهر اهواز در هر سال و مساحت حدود ۱۸۶۵۰ هکتاری آن، برای هر فرد مقدار زمین برای تأمین نیازها براساس هکتار قابل محاسبه می‌باشد (۸). بر اساس یافته های مطالعه حاضر جاپای بوم شناختی شهر اهواز با سرانه مصرفی شهر متناسب نبوده و میزان مصرف سوخت فسیلی در این شهر قابل‌پذیرش نمی‌باشد. همان‌طورکه قبلاً نیز اشاره شد شهر اهواز به دلیل اقماری بودن برای جنوب، از میزان رفت‌وآمد بالایی دارد. بدیهی است که بخش اعظمی از سوخت‌گیری خودروها در داخل شهر اهواز انجام می‌شود و باعث افزایش میزان جاپا و آلودگی‌های حاصل از وسایل نقلیه در شهر اهواز می‌شود. به‌بیان‌دیگر در طول روز بیش از نیمی از شهروندان اهواز همچنین تعدد مسافران به این منطقه برای کار و تأمین

نیازهای مختلف باعث می‌شود که میزان سوخت‌گیری زیاد برای خودروهای این سطح از جمعیت، از پمپ‌بنزین‌های داخل شهر صورت گرفته که ارزیابی این آمار غیرممکن است. بدیهی است بدون در نظر گرفتن دسترسی جمعیت به امکانات و مهاجرت‌های روزانه در بخش مذکور آمار جای پای بوم شناختی قابل‌قبول و متناسب با جمعیت نمی‌باشد.

ذکر این نکته در این‌جا حائز اهمیت است که اندازه جاپای بوم شناختی شهر اهواز با توجه به زمین محاسبه‌شده برای هر فرد و براساس محاسبات انجام‌شده در جدول شماره ۵، آمار قابل‌قبولی نیست و کسری زیادی در بخش مصرف سوخت‌های فسیلی مشاهده می‌شود. در این‌جا ذکر چند نکته لازم می‌باشد، اول این‌که بر اساس محاسبات نتیجه‌گیری می‌شود که شهر اهواز در بخش حمل‌ونقل توانایی برطرف کردن نیازهای جمعیت خود را دارا نیست و حتی‌الامکان پذیرش میزان جمعیت بیشتری را نیز نخواهد داشت. این امر باعث کاهش میزان جای پا بر منطقه می‌شود. از سوی دیگر، به دلیل نبود امکانات کامل در شهر و عدم دسترسی آسان شهروندان به امکاناتی نظیر حمل‌ونقل عمومی و فعال نبودن همه پمپ‌بنزین‌ها میزان جاپای بوم شناختی در بخش کاربرد سوخت‌های فسیلی خیلی بیشتر از توان شهر می‌باشد. به عبارت دیگر، نتایج این پژوهش می تواند این امکان را فراهم کند که مسئولان شهر اهواز هرساله به چه میزان زمین علاوه بر منابع موجود نیاز دارند تا کربن حاصل از سوختن بنزین و گازوئیل که بخشی از انرژی‌های مورداستفاده شهروندان را، جبران کند. یکی از دلایل مهمی که باعث شده بزرگی جای پای بوم شناختی از استانداردهای روز دنیا بیشتر باشد بالا بودن بخش قابل‌توجهی از جمعیت برای استفاده از خودروها و عدم راه‌اندازی استفاده از کاربری‌های دیگر انرژی مثل نور خورشید که پتانسیل آن هم در منطقه وجود دارد، می‌باشد. به نظر می‌رسد این عامل بزرگی جای پای سوخت‌های فسیلی را دست‌خوش تغییرات قابل‌توجهی می‌کند. با توجه به موارد مطرح‌شده می‌توان گفت در این شرایط به جای اینکه بیشتر نگران افزایش جمعیت در شهر باشیم باید تمرکز بیشتری بر اشاعه سبک زندگی و الگوی مصرف صحیح و سازگار با محیط‌زیست وجود داشته باشد. چرا که با توجه به نتایج چنین مطالعاتی می توان چنین اذعان نمود که رابطه‌ای مستقیم بین سطح رفاه و جای پای بوم شناختی وجود دارد به این معنی که هرچقدر رفاه‌زدگی افزایش می‌یابد اندازه جای پای بوم شناختی نیز بزرگ‌تر و نگران‌کننده‌تر می‌شود. تأکید می‌شود گرچه نمی‌توان اثر منفی تراکم جمعیت بر منابع طبیعی و محیط‌زیست را انکار کرد اما اکنون زمان آن رسیده تا از تفکرات سنتی تأثیر صرف افزایش جمعیت بر تخریب محیط‌زیست بر نگرش نوین تأثیر سبک زندگی رفاه زده بر تخریب محیط‌زیست سخن به میان آورد.

References

1. Rostamian, M. H., 2015. The need for implementation of cdm projects in order to defeat of sanctions and achieving resistive economic goals. *Urban Management Journal*. NO. 41: 323–338. (In Persian)
2. Taghizadeh Diva, S. A., Rooshenas, S., 2019. Application of Ecological Footprint Method in Environmental Sustainability Assessment (Case Study: Gorgan County). *Geographical Planning of Space Quarterl Journal*. 9 (33):157-170. (In Persian)
3. Ghaeimi Rad, T., Hataminezhad, H., 2018. Assessing the ecological footprint of Lahijan transport. *Quarterly of Geography (Regional Planning)*. 8(2): 69-80. (In Persian)
4. Teymouri, I., Salarvandian, F., Ziari, K., 2014. Ecological footprint of carbon dioxide gas in fossil fuels of Shiraz. *Geographical Research*. Volume 29, Volume 1, Serial Number 112, pp. 204-193. (In Persian)
5. Zhiying, G., Cuiyan, L., 2016. .Empirical Analysis on Ecological

Footprint of Household Consumption in China. Elsevier Ltd Energy Procedia. 5, 2387-2391.

6. Moore, J., Kissinger, M., Rees, W.E., 2013. .An urban metabolism and ecological footprint assessment of Metro Vancouver. *Journal of Environmental Management* .124, PP 51-61.
7. Jokar, S., 2012. "Study of Shopping Center Patterns and Commercial Complexes in Ahvaz", Master Thesis, Department of Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University of Ahvaz, p. 97. (In Persian)
8. Geographical Organization of the Armed Forces, 2006. Geographical culture of the settlements of Khuzestan province, Ahvaz city. P. 32. (In Persian)
9. Statistics Center of Iran. 2011. Results of the General Census of Population and Housing. 320 P. (In Persian)
10. Holden, E., Hoyer, K. G, 2005. The ecological Foot Prints of Fuels, Transportation", Research Part D, N.10, PP 395-403.
11. Statistics of Ahvaz Metropolis. 2013. Chapter Two (Population), Deputy of Planning and Development of Ahvaz Municipality, p. 28. (In Persian)