

جغرافیا و توسعه شماره ۵۰ بهار ۱۳۹۷

وصول مقاله : ۱۳۹۵/۰۸/۰۱

تأیید نهایی : ۱۳۹۶/۰۳/۳۱

صفحات : ۲۴۶-۲۳۱

## بررسی پایداری توسعه در منطقه ۲۲ تهران با روش جای پای اکولوژیکی

دکتر فرهاد قادری<sup>۱\*</sup>، پریا اسدی<sup>۲</sup>، امین تمدنی<sup>۳</sup>، مرتضی عزیزی<sup>۴</sup>

### چکیده

توسعه ارزشمند در هر منطقه نیازمند پایداری توسعه بوده و فقط در این حالت توسعه منجر به نابودی منطقه نمی‌شود. در این تحقیق، پایداری توسعه شهری تهران در منطقه ۲۲ به روشی علمی مورد مطالعه قرار گرفته است. روش تحقیق مورد استفاده در این پژوهش براساس محاسبه دو پارامتر ظرفیت‌زیستی و جای پای اکولوژیکی بوده است. از نظر علمی، هنگامی توسعه در منطقه‌ای پایدار است که میزان دو پارامتر مذکور برابر باشد. برای محاسبه پارامتر ظرفیت‌زیستی از دو نرم‌افزار Google Earth و Arc GIS استفاده گردید و مساحت نواحی موجود قابل بهره‌برداری برای هر یک از مصارف زمین محاسبه شد. ظرفیت‌زیستی منطقه ۲۲ تهران؛ ۰/۰۰۵ برحسب هکتار جهانی برای هر نفر به دست آمد که با مقایسه آن با ظرفیت‌زیستی ایران، آسیا و جهان، مشخص شد که منطقه ۲۲ تهران ظرفیت‌زیستی بسیار کمتری نسبت به موارد ذکر شده دارد. برای محاسبه میزان جای پای اکولوژیکی منطقه ۲۲ تهران از تراکم جمعیتی و اطلاعات مرتبط با شیوه زندگی مردم استفاده شد و میزان این پارامتر ۴/۱ برحسب هکتار جهانی برای هر نفر به دست آمد. با مقایسه جای پای اکولوژیکی منطقه ۲۲ تهران با میزان متوسط این شاخص در ایران (۲/۶۷)، آسیا (۱/۸) و همچنین در جهان (۲/۷)، مشخص شد منطقه ۲۲ تهران جای پای اکولوژیکی بیشتری نسبت به همه این موارد داراست که باید جای پای اکولوژیکی از طریق تغییر الگوی زندگی و کاهش جمعیت در منطقه کاهش یابد. به علت اختلاف فاحش بین مقادیر ظرفیت‌زیستی و جای پای اکولوژیکی در این منطقه، وضعیت توسعه، ناپایدار ارزیابی شد. نتایج پژوهش، بیانگر میزان مصرف سریع و نابودی باقی‌مانده منابع طبیعی در منطقه ۲۲ تهران بوده و براساس این نتایج، برای پایداری شدن توسعه این منطقه، باید بهبود توزیع جمعیت و سیاست‌های استفاده از منابع طبیعی منطقه بازنگری شود.

واژه‌های کلیدی: توسعه، جای پای اکولوژیکی، ظرفیت‌زیستی، منطقه ۲۲ تهران.

F.Qaderi@nit.ac.ir  
P.Asadi@stu.nit.ac.ir  
A.Tamadoni@stu.nit.ac.ir  
Mrt\_azizi@yahoo.com

۱- استادیار مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران \*  
۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران-محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران  
۳- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران  
۴- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

## مقدمه

از پیدایش تمدن بشری تا میانه قرن بیستم میلادی منابع محیط زیستی همواره جواب‌گوی فعالیت‌های بشری بوده است؛ اما از اواسط قرن بیستم، این فعالیت‌ها از ظرفیت محیط زیست فراتر رفته و باعث تخریب محیط زیست و ناپایداری اکولوژیکی شده است (Szigetia, et al, 2017: 111-117). از سال ۱۹۹۵ تاکنون نگرانی‌های جهانی سبب مطرح‌شدن توسعه پایدار شده است (He, et al., 2016: 23-34).

توسعه پایدار، توسعه‌ای است که نیاز نسل امروز را برآورده کند، اما نیاز نسل آینده را به مخاطره نیاندازد. توسعه پایدار باید زیربنای طرح‌ها و برنامه‌ریزی‌های کشور قرار گیرد، تا این اطمینان را به ما بدهد که توسعه منطقه با حفظ محیط زیست برای آیندگان صورت گرفته است. لازم به ذکر است که اگر این مهم محقق نشود و توسعه منطقه ناپایدار باشد، با گذشت زمان مقدار ظرفیت‌زیستی، روندی کاهشی خواهد داشت و شرایط محیط زیستی را وخیم‌تر می‌کند و خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به‌بار خواهد آورد (سردارآبادی و همکاران، ۱۳۹۳: ۴-۲).

برای بررسی پایداری توسعه، روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این تحقیق برای بررسی پایداری توسعه منطقه ۲۲ تهران از روش جای‌پای اکولوژیکی استفاده شده است. در این روش دو مفهوم جای‌پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی مطرح می‌شود که مفهوم جای‌پای اکولوژیک بیانگر استفاده بشر از طبیعت و ظرفیت زیستی توان طبیعت را بیان می‌کند (Wackernagel & Rees 1996: 150).

براساس آمارهای موجود تا پیش از سال ۱۹۶۱، میزان جای‌پای اکولوژیک کره زمین، کمتر از ظرفیت‌زیستی زمین بوده است. از سال ۱۹۶۱، میزان

جای‌پای اکولوژیکی از ظرفیت‌زیستی زمین فراتر رفته است (Ecological Footprint Atlas, 2016).

از طرفی تحقیقات نشان می‌دهد، تغییر اقلیم کره زمین با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۲۷۰ ppm در زمان آغاز تحول اقتصادی-اجتماعی به ۴۰۰ ppm در زمان حال اتفاق افتاده است که این امر موجب کاهش ظرفیت‌زیستی می‌شود (Living Planet Report, 2012: 42).

این روند تا جایی ادامه یافته است که اکنون، سرانه ظرفیت‌زیستی جهان، ۱/۸ هکتار جهانی<sup>۱</sup> و سرانه جای‌پای اکولوژیکی ساکنان کره زمین، ۲/۷ هکتار جهانی است و تمام کره زمین در تعادلی ناپایدار قرار دارد که در صورت ادامه این روند به غیرقابل زیست بودن این کره خاکی منجر خواهد شد (Ecological Footprint Atlas, 2016).

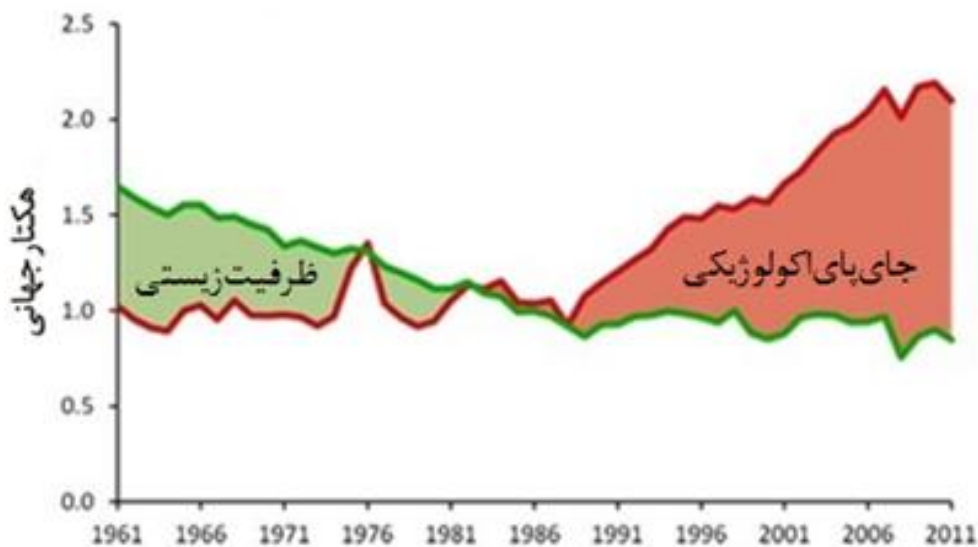
وابستگی منطقه ۲۲ شهر تهران به اکوسیستم‌های خارج از محدوده شهری کاملاً واضح و روشن است؛ اما لزوم این وابستگی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. حجم عظیم کمبود ظرفیت‌زیستی که تهران با آن مواجه است، به‌علت تفاوت بین مقدار استفاده شده از منابع طبیعی و مقدار موجود آن است که باعث رویارویی با آینده نامعین شده است. اگر تهران یا هر شهر رونق‌یافته‌ای رو به‌سوی پیشرفت دارد، باید تقاضای خود از منابع تجدیدپذیر زمین را مشخص کند و این تقاضا را با قابلیت و میزان تجدیدپذیری این منابع بسنجد. درباره منطقه ۲۲ شهر تهران که منطقه‌ای نوساز بوده و تاکنون مطالعه‌ای روی آن صورت نگرفته است؛ در این مقاله به مطالعه پایداری توسعه منطقه و بررسی امکان زندگی امروز و آینده ساکنان آن با توجه به شرایط کنونی منطقه پرداخته شده است. منطقه ۲۲ تهران که برپایه شهرسازی مدرن توسعه یافته است، در دهه اخیر شاهد

۱- هکتار جهانی واحد اندازه‌گیری ظرفیت زیستی و جای‌پای اکولوژیک است.

### پیشینه تحقیق

در مناطق مختلف دنیا، مطالعات فراوانی با استفاده از روش جای پای اکولوژیکی انجام شده است. با مقایسه سرانه ظرفیت زیستی و سرانه جای پای اکولوژیکی ایران مشخص است که جای پای اکولوژیکی ایران از سرانه زیستی آن بسیار بزرگتر است که این امر نشان دهنده تعادل اکولوژیکی منفی در ایران و مصرف بیش از اندازه منابع و وابستگی به منابع دیگر مناطق جهان برای تأمین نیازهای بوم‌شناختی ساکنان است. باتوجه به آمارهای سری زمانی، در شکل ۱ می‌توان مشاهده کرد که با وجود آنکه ظرفیت زیستی در ایران از سال ۱۹۶۱ تا به امروز، روند کاهنده اندکی داشته است، اما مقدار جای پای اکولوژیکی، روند فزاینده پرشتابی را دنبال می‌کند و این امر موجب شده که از سال ۱۹۸۰ به بعد، مقدار جای پای اکولوژیکی ایران، بیش از ظرفیت زیستی شده و کسری اکولوژیکی در کشور رخ دهد (Ecological Footprint Atlas, 2016).

دگرگونی‌هایی از جمله کاهش میزان ظرفیت زیستی منطقه، اثرات اجتماعی-اقتصادی غیرقابل کنترل، هزینه‌های گزاف در جهت حفظ سلامتی و همچنین درمان بیماری‌های به وجود آمده، بوده است. به نظر می‌رسد، توسعه منطقه از حالت پایدار خارج شده است؛ از این رو، نیاز است ظرفیت زیستی را برای آن محاسبه کرده و پس از مقایسه با جای پای اکولوژیکی، وضعیت توسعه منطقه مشخص شود. در این پژوهش حد ظرفیت زیستی و میزان جای پای اکولوژیکی منطقه ۲۲ تهران محاسبه شد و در محاسبه ظرفیت زیستی این منطقه برای نخستین بار از تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی براساس نرم‌افزارهای Arc GIS و Google Earth برای محاسبه ظرفیت زیستی استفاده شد. برای محاسبه ظرفیت زیستی، به مساحت نواحی موجود برای یک نوع مصرف زمین معین نیاز است که دو نرم‌افزار مذکور در این تحقیق باعث کاهش هزینه تحقیق و سهولت محاسبه این پارامتر شدند. در پایان تغییراتی در سیاست‌های مدیریتی این منطقه برای حصول توسعه پایدار پیشنهاد شد.



شکل ۱: ناپایداری جای پای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی ایران در سال‌های اخیر  
Ecological Footprint Atlas, 2016

نتایج محاسبه جای پای اکولوژیکی شهر هانگزو با روش جای پای اکولوژیکی، طی سال های ۲۰۰۸-۱۹۸۸ نشان می دهد که سرانه جای پای اکولوژیکی هانگزو، از ۱/۱۵۶۱ هکتار در سال ۱۹۸۸، به ۲/۲۲۳ هکتار در سال ۲۰۰۸ رسیده است. از سال ۱۹۹۵، کسری اکولوژیک در هانگزو نمایان شده است و اکنون به ۰/۹۵۴ هکتار رسیده است

(Zurong & Jing, 2010: 118-124).

براساس تحقیق ژینگ<sup>۱</sup> و گویمان<sup>۲</sup> کسری اکولوژیک در چین از آغاز سال ۲۰۰۲ افزایش یافته و جدی ترین آن در سال ۲۰۰۷ بده است

(Zhiying & Cuiyan, 2011: 2387-2391).

باتوجه به تحقیق وانگ<sup>۳</sup> و همکاران، جای پای اکولوژیکی شهر جین هوانگ دائو<sup>۴</sup> در چین بین سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ شهر به میزان ۳/۶۵٪ برای هر فرد کاهش یافته است

(Wang, et al., 2011: 607-612).

لی<sup>۵</sup> و همکاران به روش جای پای اکولوژیکی در شهر نانچونگ<sup>۶</sup> نشان دادند، جای پای اکولوژیکی شهر بیشتر از ظرفیت زیستی آن بوده و این نشان از توسعه ناپایدار دارد (Li, et al., 2011: 5415-5419).

بابو<sup>۷</sup> و همکارانش در بررسی جای پای اکولوژیکی ۱۹ شهر در سواحل مدیترانه با روش جای پای اکولوژیکی نشان دادند شهرهای والتا، آتن و ژنو با جای پای اکولوژیکی ۴/۸ تا ۵/۳ هکتار جهانی بالاترین و شهرهای تیرانا، الکساندریا و آنتالیا با جای پای اکولوژیکی ۲/۱ تا ۲/۷ کمترین میزان این شاخص را دارند. در این پژوهش دلیل تفاوت جای پای اکولوژیکی میان شهرهای مختلف، تفاوت های فرهنگی، زیرساختی و درآمد خالص بیان شده است

(Baabou, et al., 2017: 94-104).

از جمله تحقیقات صورت گرفته در ایران در این زمینه می توان به رساله دکترای فرزانه ساسان پور با عنوان «بررسی کلان شهر تهران با روش جای پای بوم شناختی» اشاره کرد که براساس آن با استفاده از روش جای پای اکولوژیکی، سرانه جای پای اکولوژیکی کل تهران ۳/۸ هکتار محاسبه شده است. با این مقدار جای پای اکولوژیکی، کلان شهر تهران در شرایط ناپایدار به سر می برد و با توجه به اینکه این مشکل روز به روز جدی تر می شود، به شیوه های مدیریت جدید نیاز است (ساسان پور، ۱۳۸۵).

در پژوهشی دیگر به بررسی پایداری شهرستان رشت پرداخته شده است که در نهایت مقدار جای پای اکولوژیکی رشت ۱/۹۹ هکتار جهانی و ظرفیت زیستی آن ۰/۴۴ هکتار جهانی محاسبه شد و نتایج نشان داد که این شهرستان در کسری اکولوژیکی به سر می برد (جمعه پور و شهنواز، ۱۳۹۲: ۲۰۸-۱۹۱).

قرخلو و همکاران جای پای اکولوژیکی شهر کرمانشاه را ۱/۸۲ هکتار جهانی گزارش کردند (قرخلو و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۲۰-۱۰۵).

در تحقیق مهرگان و دلیری؛ با استفاده از روش جای پای اکولوژیک برای استان گلستان سرانه جای پای اکولوژیکی به بزرگی ۱/۷۸۶ و استان گیلان ۲/۰۸۴ و استان مازندران ۲/۱۰۶ هکتار جهانی به دست آمد (مهرگان و دلیری، ۱۳۹۴: ۱۶۸-۱۵۱).

از بارزترین تحقیقات صورت گرفته در سایر کشورها می توان به موارد زیر اشاره کرد. براساس نتایج تحقیقی، جای پای اکولوژیکی شیلی ۲/۴۴ هکتار است. در حالی که ظرفیت زیستی موجود این کشور ۳/۲ هکتار است (Lewan & Simmons, 2001).

1-Zhiying  
2-Cuiyan  
3-Wang  
4-Qinhuangdao  
5-Li  
6-Nanchong  
7-Baabou

## مبانی نظری

با توجه به این که منابع محیط زیستی در حال کاهش است، اندازه‌گیری این منابع اهمیت بسزایی دارد. برای عملی شدن این اندازه‌گیری به یک چارچوب مفهومی و محاسباتی نیاز است. ظرفیت‌زیستی و جای پای اکولوژیکی، دو مفهوم اساسی برای محاسبات این منابع می‌باشند.

نخستین بار ماتیس واکرناگل<sup>۱</sup> و ویلیام ریز<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۵ و در دانشگاه بریتیش کلمبیا، اصطلاح و تکنیک جای پای اکولوژیکی<sup>۳</sup> را در کتاب «ردپای اکولوژیکی ما، کاهش تأثیر انسان بر زمین»، معرفی کرده و آن را توسعه داده‌اند. از منظر این دو اندیشمند، هر واحد انسانی (اعم از فرد، شهر و یا کشور) تأثیری بر زمین می‌گذارد؛ زیرا تولیدات و خدمات طبیعت را مورد استفاده قرار می‌دهد. تأثیر اکولوژیکی آن‌ها، برابر با مقدار طبیعی است که آن‌ها برای تداوم زندگی اشغال کرده‌اند (Wackernagel & Rees 1996: 150). جای پای اکولوژیکی و ظرفیت‌زیستی<sup>۴</sup>، استانداردهایی هستند که به صورت گسترده در مرکزهای طبیعی و حسابرسی‌های اکولوژیکی و به صورت عمده در مباحث توسعه پایدار کاربرد دارند. این دو، نقش بالقوه‌ای به عنوان استاندارد علم محیط زیست و سیاست‌های محیط زیستی دارند و برای استفاده از آن‌ها نیاز به یک موشکافی دقیق است (Galli, 2015: 210-224). همچنین این دو مفهوم، پارامترهای مهم مطرح در توسعه پایدار هستند و از مقایسه این دو پارامتر، وضعیت پایداری بودن توسعه منطقه مشخص می‌شود.

ظرفیت‌زیستی، حدی است که منابع محیط زیستی، پس از برداشت بشر از آن‌ها بتوانند خود را بازسازی کنند و به علاوه جای پای اکولوژیکی، میزان تقاضایی است که بشر از محیط زیست خود برای رفع

نیازهایش دارد و مصرف منابع را با مساحت زمین مورد نیاز برای به پایداری رساندن آن معادل‌سازی می‌کند (سردارآبادی و همکاران، ۱۳۹۳: ۴-۲). ظرفیت‌زیستی در طی زمان با تغییر در فرهنگ مصرفی مردم، رشد جمعیت، طرح‌های اقتصادی، سیاست‌های مدیریتی، تغییر کاربری اراضی و... تغییر می‌کند؛ از این رو به منظور تهیه نقشه راه توسعه، ضرورت محاسبه ظرفیت‌زیستی و جای پای اکولوژیکی، برای اطمینان از پایداری بودن توسعه الزامی است. به طور کلی، دو دیدگاه اصلی برای محاسبه جای پای اکولوژیکی وجود دارد:

### دیدگاه قیاسی یا ترکیبی (بالا به پایین)

این دیدگاه توسط بنیان‌گذاران این مدل (ریز و واکرناگل) گسترش یافته است. این دیدگاه یک روش متمرکز (کل به جزء) است که برای محاسبه جای پای اکولوژیکی از داده‌های ملی استفاده می‌کند. این روش بیشتر در سطح جهانی و ملی کاربرد دارد. منابع مورد مطالعه در هشت گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شود: ۱. زمین جنگل؛ ۲. زمین مرتع؛ ۳. فضای ساختمان‌سازی؛ ۴. حوزه ماهی‌گیری دریایی؛ ۵. زمین کشاورزی؛ ۶. زمین معادل برای جذب دی‌اکسیدکربن.

### دیدگاه استقرایی یا جزء به جزء (پایین به بالا)

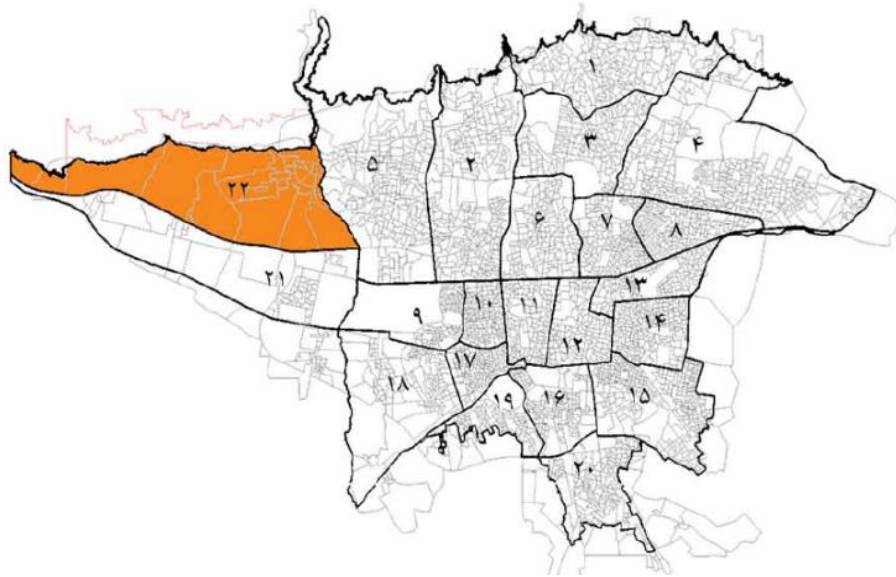
این دیدگاه یک روش غیرمتمرکز (جزء به کل) است، در این دیدگاه با توجه به برخوردهای بوم‌شناختی فعالیت‌های خاص، مانند حمل‌ونقل و استفاده از انرژی و...، بوم‌شناسی مکان خاصی را محاسبه می‌کنند. این دیدگاه بیشتر برای محاسبه جای پای اکولوژیکی مناطق و شهرها مناسب است. در محاسبه جای پای اکولوژیکی منطقه ۲۲ در این پژوهش از روش دیدگاه استقرایی استفاده شده است. مؤلفه مورد بررسی دوم، ظرفیت‌زیستی منطقه است. در صورتی که این مؤلفه کمتر از مؤلفه جای پای

۱۲۲۰ متر است. وسعت این منطقه حدود ۱۲۰۰۰ هکتار است که طول و عرض حداکثر آن به طور تقریبی مساوی با ۲۶ و ۱۷ کیلومتر است. فاصله غرب محدوده طرح تا ابتدای کرج در حدود ۱۱ کیلومتر می باشد. مقایسه سطح منطقه ۲۲ با سطح مناطق ۲۲ گانه تهران (۷۰۷۵۰ هکتار)، حاکی از تعلق ۴/۸ درصد از مساحت محدوده خدماتی شهر تهران به منطقه ۲۲ و گویای وسعت چشمگیر و جایگاه مهم این منطقه در ساختار کالبدی تهران آینده به ویژه در حوزه غربی آن است. موقعیت منطقه ۲۲ در منطقه بندی جدید شهر تهران در شکل ۲ مشاهده می شود. همچنین این منطقه شامل ۱۷٪ مساحت شهر تهران، ۱۰٪ جمعیت این شهر و ۸/۴٪ محدوده خدمات شهری تهران است. منطقه ۲۲ تهران در ده سال اخیر شاهد ساخت و سازهای عمرانی وسیع بوده است. توسعه این منطقه با هدف رفع تمرکز جمعیتی از سایر مناطق شلوغ کلان شهر تهران صورت گرفته است. طبق آخرین سرشماری که در سال ۱۳۸۵ انجام شد، جمعیت این منطقه حدود ۱۴۰ هزار نفر اعلام شده بود؛ ولی جمعیت این منطقه در ده سال اخیر چندین برابر شده است. طبق تحقیقات انجام شده، نرخ جمعیت پذیری این منطقه هم اکنون به سقف پیش بینی شده برای ۱۰ سال آینده رسیده است. طبق قرارداد سال ۱۳۸۰، منطقه ۲۲ تهران می بایست دارای جمعیتی معادل ۳۰۰ هزار نفر باشد، در صورتی که امروز آمار سکونت آن به بیش از یک میلیون نفر رسیده است. شکل ۲، موقعیت این منطقه را نشان می دهد.

اکولوژیکی منطقه باشد، توسعه منطقه ناپایدار است. به منظور یافتن این مهم، به ضرایب تعادل و بازده برای انواع پهنه های زمین نیاز است. این مقادیر به همراه محاسبه جای پای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی منطقه در بخش مواد و روش ها آمده است، سپس به بررسی نواحی موجود برای یک نوع زمین مصرفی معین پرداخته شده است که برای محاسبه پهنه نواحی مختلف، از دو نرم افزار Google Earth و Arc GIS استفاده شده است.

#### معرفی محدوده مورد مطالعه

منطقه ۲۲ شهرداری تهران بین طول های شرقی "۱۰' ۵۱' ۵۱" تا "۴۰' ۲۰' ۵۱" و عرض های شمالی "۱۶' ۳۲' ۳۵" تا "۱۹' ۵۷' ۳۵" در قسمت شمال غربی شهر تهران و در پایین دست حوضه آبریز رودخانه کن و وردیج واقع شده است. این منطقه در شمال با کوهستان البرز مرکزی، در شرق با حریم رودخانه کن، در جنوب با آزادراه تهران- کرج و در غرب با محدوده جنگل های وردآورد محدود می شود و با مناطق ۵ و ۲۱ شهرداری تهران همجوار است. به این ترتیب مرز شمالی منطقه ۲۲ شهرداری تهران، تا منتهی الیه دامنه های جنوبی البرز (تا ارتفاع ۱۸۰۰ متری) توسعه یافته است. کوهستان البرز از ارتفاع ۱۸۰۰ متری به علت شیب زیاد و تنگنا های کوهستانی مانع بسیار سختی در مقابل گسترش فیزیکی شهر به وجود می آورد. در محدوده منطقه ۲۲، بلندترین منطقه ارتفاعی از سطح دریا در خط مستقیم حوزه آبریز شمالی در ارتفاعات البرز و در شرق روستای کیگا با رقوم ۳۸۴۰ و پست ترین آن در خروجی پیکان شهر به ارتفاع



شکل ۲: موقعیت منطقه ۲۲ در منطقه‌بندی جدید شهر تهران  
 مأخذ: Tehran municipality, 2016

## مواد و روش‌ها

روش تحقیق مورد استفاده در این پژوهش توصیفی-تحلیلی بوده است؛ به این صورت که همه اطلاعات مورد نیاز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و در برخی موارد از طریق پرسش‌های میدانی و نیز نظرسنجی‌های اجتماعی به دست آمده است. در نهایت داده‌های مورد نیاز در جهت محاسبات جای پای اکولوژیکی و ظرفیت‌زیستی در جهت تشخیص حالت پایداری منطقه ۲۲ تهران از طریق بانک‌های اطلاعاتی الکترونیکی، سازمان FAO (خواروبار جهانی)، سالنامه‌های آماری استان و کشور، شهرداری استان، سازمان پسماند استان، شرکت توزیع برق منطقه، اطلس جهانی جای پای اکولوژیکی<sup>۱</sup>، شرکت آب و فاضلاب استان و نیز برخی مراکز مرتبط به دست آمد. در ادامه به روش انجام محاسبات موارد ذکر شده پرداخته شده است.

### ۱- جای پای اکولوژیکی

نخستین بار واگرنالگ و ریز جای پای اکولوژیکی را به شرح چهار مرحله زیر ارائه دادند:

- تخمین میزان مصرف کل مواد اصلی به دست آمده از داده‌های منطقه‌ای و تقسیم این میزان بر جمعیت منطقه؛  
 - تقسیم متوسط مصرف سالانه هر مورد بر متوسط تولید سالانه آن و در نتیجه تخمین میزان زمین اختصاص داده شده به هر فرد در جهت تولید هر مورد مصرفی؛  
 - محاسبه مجموع همه زمین‌های اختصاص داده شده به هر فرد در جهت مصرف و محاسبه متوسط میزان جای پای اکولوژیکی فرد؛  
 - محاسبه حاصل ضرب جمعیت در میزان متوسط جای پای اکولوژیکی هر فرد و در نتیجه محاسبه میزان جای پای اکولوژیکی جمعیت آن منطقه  
 (Wackernagel & Rees 1996: 150) در این تحقیق اطلاعات مورد نیاز مصرفی منطقه از تحقیقات سازمان‌های محلی و پرسشنامه تهیه شد. جای پای اکولوژیکی به طور کلی به میزان مصرف شدن منابع طبیعی و تولید شدن پسماندهای ناشی از این مصارف گفته می‌شود. جای پای اکولوژیکی هر فرد با در نظر گرفتن میزان همه مصارف او اعم از آب، زمین و همه

ظرفیت زیستی، ضریب بازده<sup>۱</sup> و ضریب تعادل<sup>۲</sup> برای هر نوع پهنه زمین در مقدار مساحت آن ضرب می شود و لازم به ذکر است که هر کدام از پهنه های جنگل، مرتع، کشاورزی، ساخته شده و دریا، ضرایب بازده و تعادل مختص به خود را دارند. این معیار در یک کشور و برای هر نوع مصرف زمین، به صورت معادله ۲ محاسبه می شود

(Ecological Footprint Atlas, 2016).

$$BC = A \times YF \times EQF \quad (2)$$

در این رابطه:

BC: ظرفیت زیستی؛

A: نواحی موجود برای یک نوع مصرف زمین معین.  
YF و EQF: به ترتیب ضریب بازده و ضریب تعادل برای انواع پهنه زمین هستند.  
برای محاسبه جای پای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی، به ضریب تعادل و ضریب بازده پهنه های آن منطقه نیاز است.

### ۳- ضریب تعادل

ضریب تعادل، نواحی موجود یا مورد تقاضای یک نوع زمین خاص را (مانند میانگین زمین کشاورزی جهانی، مرتع و غیره) درون واحدهای متوسط نواحی بهره رور زیستی جهان برحسب نوع مصرف زمین و سال نشان می دهد. ضریبی است که در یک سال برای کشور ثابت است. مقدار این ضریب از اطلس جهانی استخراج می شود. ضرایب تعادل زمین های مختلف، هر ساله در گزارش جای پای جهانی منتشر می شود و برای همه مناطق در طول یک سال برابر است. این ضریب طبق گزارش های اطلس های جهانی در جدول ۱ برای انواع پهنه ها ذکر شده است

(Ecological Footprint Atlas, 2016):

خدماتی که در جهت رفع نیازهای زیستی او می باشد و در مقابل کل دی اکسید کربن تولید شده توسط هر فرد و سایر پسماندهای تولیدی در جهت مصارف او در سال محاسبه می شود. با توجه به فرض های آورده شده و به عنوان تعریف اولیه، جای پای اکولوژیکی از تقسیم تقاضای سالانه به یک محصول بر بازده سالانه آن به دست می آید. همچنین به صورت دیگر، واحد اندازه گیری جای پای اکولوژیکی، هکتار جهانی است. برای به دست آوردن هکتار جهانی که به ضریب بازده (نسبت متوسط بازده ملی هر هکتار زمین به متوسط بازده جهانی آن نوع زمین) و ضریب تعادل (نمایانگر بهره وری نسبی میان آب و انواع زمین) بستگی دارد، مقدار ماده مصرفی توسط هر فرد، برحسب تن بر سال، بر حد نهایی زمین یا پهنه آبی تقسیم می شود. سپس از آن مقدار که مصرف و یا آلوده شده است، مقدار مورد نظر به دست می آید که به آن هکتار جهانی می گویند. جای پای اکولوژیکی طبق معادله ۱ محاسبه می شود (Ecological Footprint Atlas, 2016).

$$EF = P / Y_n \times YF \times EQF \quad (1)$$

در این رابطه:

(۱) P: میزان محصول به دست آمده یا پسماند

به جامانده (برابر با تقاضای سالانه یک محصول)؛

(۲)  $Y_n$ : متوسط بازده ملی برای P؛

(۳) YF: ضریب بازده برای کشور و نوع پهنه زمین؛

(۴) EQF: ضریب تعادل برای کشور و نوع پهنه زمین.

### ۲- ظرفیت زیستی

ظرفیت زیستی، به معنای توانایی زمین حاصلخیز است که شامل مناطق طبیعی قابل زیستی می شود و در جهت تولید منابع مصرفی و نیز دریافت بقایا و پسماند ناشی از مصرف آن هاست. برای محاسبه



جدول ۱: ضریب تعادل برای انواع پهنه زمین

نوع زمین	ضریب تعادل (هکتار جهانی)
محصولات کشاورزی	۲/۵۲
محصولات جنگل	۱/۲۸
محصولات مرتع	۰/۴۳
آب‌های آزاد (دریا و اقیانوس)	۰/۳۵
زمین ساخته‌شده	۲/۵۲
سایر منابع آبی (دریاچه، کانال آب و ...)	۰/۳۵

مأخذ: Ecological Footprint Atlas, 2016

#### ۴- ضریب بازده

برای برآورد ضرایب بازده هر پهنه زمین، مقادیر بازده آن پهنه زمین در منطقه، باید بر متوسط بازده همان پهنه زمین در دنیا تقسیم شود. به عبارت دیگر، نسبت متوسط بازده ملی به متوسط بازده جهانی است. با استفاده از ضریب بازده می‌توان با توجه به گوناگونی شکل و نوع پوشش گیاهی یا کاربری زمین

در هر منطقه، مقادیر را به هکتار جهانی تبدیل کرد. به‌طور مثال اگر در یک کشور مقدار پهنه جنگل از نوع پوشش حاره‌ای باشد، میزان بازده آن از جنگل‌های دیگر مانند پوشش ساوانا بیشتر است (Ecological Footprint Atlas, 2016). در جدول ۲ این مقادیر براساس بازده اقلیم ایران و بازده جهانی محاسبه شده است.

جدول ۲: ضریب بازده برای انواع پهنه زمین

نوع زمین	بازده ملی ایران	بازده جهانی	ضریب بازده
محصولات کشاورزی	۰/۱۹	۰/۱۴	۱/۳۶
محصولات جنگل	۴/۶۳	۱/۸۲	۲/۵۴
محصولات مرتع	۱۱/۹۴	۶/۱۹	۱/۹۳
آب‌های آزاد (دریا و اقیانوس)	-	-	-
زمین ساخته‌شده	۹/۴۱	۷/۱۳	۱/۳۲
سایر منابع آبی (دریاچه، کانال آب و ...)	۸/۱۳	۸/۱۳	۱

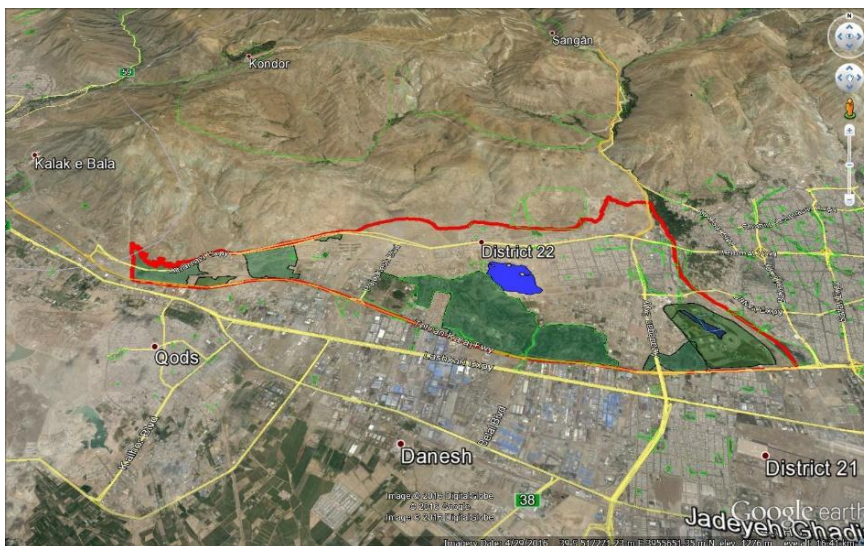
مأخذ: Ecological Footprint Atlas, 2016

#### ۵- محاسبه نواحی موجود برای یک نوع مصرف

##### زمین معین

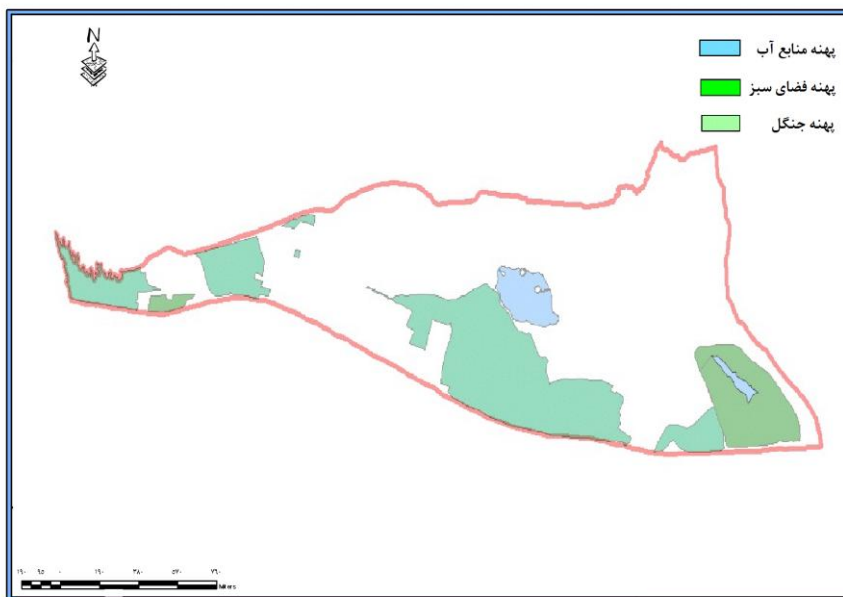
برای محاسبه پهنه نواحی مختلف منطقه ۲۲ در این پژوهش، از دو نرم‌افزار Google Earth و Arc GIS استفاده شده است که با استفاده از آن می‌توان، تصویر، نقشه و اطلاعات جغرافیایی از سرتاسر جهان را جستجو

و مشاهده کرد. GIS اطلاعات مکانی فضایی را با اطلاعات جغرافیایی یک پدیده خاص روی نقشه مرتبط می‌سازد. خروجی نرم‌افزار Google Earth در شکل ۳ مشاهده می‌شود. همچنین شکل ۴ نشان‌دهنده انتقال و محاسبه مساحت پهنه‌ها با استفاده از Arc GIS است.



شکل ۳: خروجی حاصل از جداکردن پهنه‌ها توسط نرم‌افزار Google Earth

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۵



شکل ۴: انتقال و محاسبه مساحت پهنه‌ها با استفاده از Arc GIS

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۵

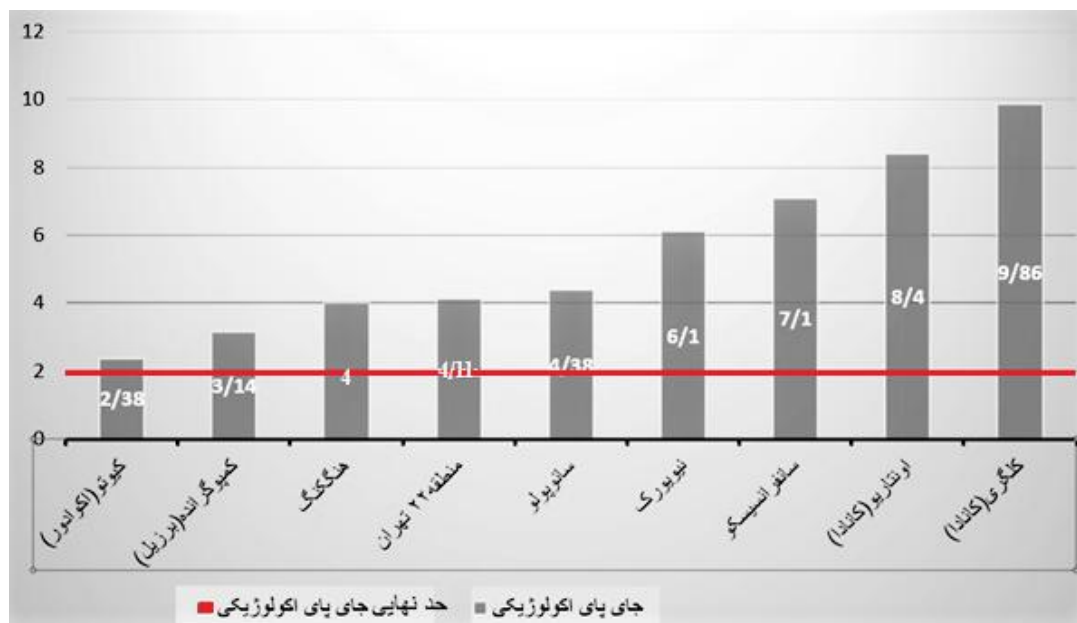
منابع آبی (دریاچه، کانال آب و...) به ترتیب برابر با ۱۶۰۲، ۸۰،۱ و ۱۵۳ و برای سایر پهنه‌ها شامل محصولات کشاورزی، محصولات مرتع و آب‌های آزاد (دریا و اقیانوس) صفر به‌دست آمده است.

مساحت کل پهنه‌های موردنیاز برای محاسبه ظرفیت‌زیستی برحسب هکتار، با استفاده از این نرم‌افزار و نیز با استفاده از داده‌های شهرداری منطقه ۲۲ تهران که در سال ۱۳۹۵ اعلام شده‌است، برای پهنه‌های محصولات جنگل، زمین ساخته‌شده و سایر



می‌دهد که پس از کیوتو با مقدار ۲,۳۸ واحد هکتار جهانی، کمپوگراند با میزان ۳,۱۴ واحد هکتار جهانی، هنگ کنگ با مقدار ۴ واحد هکتار جهانی، منطقه ۲۲ تهران قرار دارد که مقدار آن برابر با ۴,۱۱ واحد هکتار جهانی بوده و سائوپولو، نیویورک، سانفرانسیسکو، اونتاریو و کلگری با مقادیر به ترتیب ۴,۳۸، ۶,۱، ۷,۱، ۸,۴ و ۹,۸۶ جای پای اکولوژیکی بالاتری برحسب واحد هکتار جهانی از منطقه ۲۲ تهران دارند و البته میزان جای پای اکولوژیکی همه موارد مذکور از حد نهایی قابل قبول جای پای اکولوژیکی جهانی بیشتر بوده و این موضوع تهدیدکننده است و ملزم به اقدام و بررسی در جهت کاهش و چه بسا رفع آسیب‌های وارده است.

همان‌طور که مشخص است، جای پای کربن در بخش کالا، بیشترین مقدار را در این میان دارد که تقریباً برابر با ۰,۸ واحد هکتار جهانی است و این مقدار تهدیدکننده می‌باشد. همچنین در بخش حمل‌ونقل، خدمات و ساختمان‌سازی که به ترتیب مقادیر بالای بعدی را شامل هستند، برابر با ۰,۶، ۰,۶ و ۰,۴۳ واحد هکتار جهانی می‌باشند که این مقادیر نیز غیرقابل اغماض هستند. در نهایت جای پای کربن در بخش غذا مورد توجه است که به میزان ۰,۱۲ واحد هکتار جهانی بوده است و رتبه پایین‌تر و آسیب‌رسانی کمتری به نسبت سایر عوامل ذکر شده دارد؛ ولی نیازمند توجه و بازنگری منصفانه است. همچنین شکل ۶ در مقایسه جای پای اکولوژیکی با سایر نقاط مهم دنیا، جایگاه منطقه ۲۲ تهران به این ترتیب نشان



شکل ۶: مقایسه جای پای اکولوژیکی منطقه ۲۲ تهران با شهرهای مهم دنیا

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۵

به صورت مبسوط پرداخته شده است) در ضریب تعادل و در ضریب بازده برحسب واحد هکتار جهانی به دست آمد که در جدول ۴ ارائه شده است:

محاسبه ظرفیت‌زیستی برای پهنه‌های مختلف منطقه ۲۲ تهران با استفاده از حاصل ضرب مساحت پهنه (که در بخش مواد و روش‌ها نحوه محاسبه آن‌ها

جدول ۴: محاسبه ظرفیت زیستی منطقه ۲۲ تهران

نوع زمین	مساحت (هکتار)	ضریب بازده	ضریب تعادل (هکتار جهانی)	ظرفیت زیستی (هکتار جهانی)
محصولات کشاورزی	۰	۱/۳۲	۲/۵۲	۰
محصولات جنگل	۱۶۰۲	۲/۵۵	۱/۲۸	۵۲۲۹
محصولات مرتع	۰	۱/۹۳	۰/۴۳	۰
آب‌های آزاد (دریا و اقیانوس)	۰	-	۰/۳۵	۰
زمین ساخته شده	۸۰/۱	۱/۳۲	۲/۵۲	۲۶۶/۴
سایر منابع آبی (دریاچه، کانال آب و ...)	۱۵۳	۱	۰/۳۵	۵۳/۶

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۵

قابل درک است که ظرفیت زیستی در سال ۱۳۹۵ (۰/۰۰۵) با جمعیت حدود یک میلیون و صد هزار نفر، به حدود یک دهم مقدار آن در سال ۱۳۸۴ رسیده است که نشان از کاهش سرانه ظرفیت زیستی در اثر سوء مدیریت است؛ از این رو دور از انتظار نیست که این مقدار در دهه آتی به حدود یک دهم در سال جاری خواهد رسید و چه بسا در صورت فقدان نظارت‌های کافی و مدیریت‌های لازم در این خصوص، برای پیشگیری از حاد شدن وضعیت حال حاضر، در آینده‌ای نزدیک شاهد بحران غیرقابل کنترل و خارج از توان بررسی مسئولان این زمینه خواهیم بود.

همان‌گونه که ذکر شد، طبق طرح تفصیلی سال ۱۳۸۴، مقرر شد این منطقه تا سال ۱۳۹۵ جمعیتی معادل با ۴۵۰ هزار نفر داشته باشد. با تقسیم ظرفیت زیستی کلی این منطقه بر این عدد، سرانه ظرفیت زیستی این منطقه حدود ۰/۰۱ هکتار جهانی به دست می‌آید. با مقایسه این مقدار و مقدار به دست آمده در قسمت قبل (۰/۰۰۵)، قابل درک است که در اثر سوء مدیریت، ظرفیت زیستی کنونی، نصف مقدار برآورد شده در طرح تفصیلی است و ظرفیت زیستی سرانه در طرح تفصیلی نیز نادرست و بسیار کمتر از جای پای اکولوژیک در نظر گرفته شده است.

با مقایسه ظرفیت زیستی این منطقه (۰/۰۰۵) با میزان ظرفیت زیستی ایران که به اندازه ۰/۸۱ هکتار جهانی برای هر نفر است، می‌توان نتیجه گرفت که در

با توجه به جدول ۴، ظرفیت زیستی منطقه ۲۲ تهران، که شامل مجموع ظرفیت زیستی همه پهنه‌ها می‌باشد، ۵۵۴۹ هکتار جهانی محاسبه گردید. با تقسیم این عدد بر جمعیت منطقه در سال ۱۳۹۵ (برابر با یک میلیون و یکصد هزار نفر)، سرانه ظرفیت زیستی برای هر نفر ۰/۰۰۵ هکتار جهانی به دست آمده است؛ بنابراین این مقدار برای هر نفر در منطقه ۲۲ تهران در سال ۱۳۹۵، طبق عملیات و محاسبات صورت گرفته، نسبت به مقدار سرانه جای پای اکولوژیک برای این منطقه که در سال ۱۳۹۵، ۴/۱ هکتار جهانی به دست آمده است، اختلاف فاحشی دارد و وضعیت بسیار نگران‌کننده‌ای بر توسعه منطقه ۲۲ تهران ایجاد کرده است؛ در نتیجه لازم به ذکر است که تداوم وضعیت توسعه ناپایدار، از مقدار ظرفیت زیستی آن منطقه به مرور زمان می‌کاهد و رفته رفته منطقه را به منطقه‌ای غیرقابل سکونت تبدیل خواهد کرد.

برای روشن تر شدن مطلب، در این پژوهش سرانه ظرفیت زیستی منطقه ۲۲ تهران مطابق با جمعیت سال ۱۳۸۴ و جمعیت طرح تفصیلی این منطقه محاسبه شد. برای محاسبه سرانه ظرفیت زیستی منطقه ۲۲ تهران مطابق با جمعیت سال ۱۳۸۴ این منطقه؛ با تقسیم عدد ظرفیت زیستی بر جمعیت سال ۱۳۸۴ منطقه ۲۲ تهران که در سایت شهرداری این منطقه، ۱۴۰ هزار نفر اعلام شده بود، ظرفیت زیستی این منطقه حدوداً ۰/۰۴ هکتار جهانی برای هر نفر به دست می‌آید. با مقایسه این عدد با مقدار ظرفیت زیستی حال حاضر،

اکولوژیکی این منطقه به سمت ۶/۲ هکتار جهانی پیش خواهد رفت؛ از این رو برای توقف این توسعه ناپایدار، توجه جدی به فراهم کردن زیرساخت‌ها و رفع تمرکز جمعیتی بر این منطقه، از جمله کاهش برج‌سازی‌ها در خیابان‌ها و به‌خصوص در حاشیه دریاچه چیتگر که عامل مهمی در جذب جمعیت این منطقه است، توصیه می‌شود. لازم به ذکر است که کاهش جای‌پای اکولوژیکی هدفی قابل دستیابی است؛ زیرا در موارد مشابه مناطقی با جای‌پای اکولوژیکی بسیار بالاتر موفق به کاهش آن شدند؛ مانند کشور آلمان که با جای‌پای اکولوژیکی ۶/۸ هکتار جهانی در سال ۱۹۹۰ موفق به کاهش این روند تا ۵/۲ واحد هکتار جهانی تا سال ۲۰۱۲ در این کشور شدند.

#### پیشنهادها

- مفهوم توسعه پایدار در این منطقه نیازمند تلفیق فوری با پروسه برنامه‌ریزی است. اگر این امر با موفقیت صورت پذیرد، این اولین و مهمترین گام پیشبرد منطقه ۲۲ تهران به سمت جای‌پای اکولوژیکی کمتر و پیش‌گیری از نابودی بیشتر ظرفیت‌زیستی است.

- همچنین به‌منظور افزایش ظرفیت‌زیستی این منطقه می‌توان با توسعه زیرساخت‌های ارتباطی و ایجاد شرکت‌های وارداتی مناسب، امکان تأمین محصولات کشاورزی و محصولات مرتع را در این منطقه فراهم کرد و کسری ظرفیت‌زیستی منطقه در این شاخص‌ها را تا حدی جبران کرد.

- از طرفی در عدد محاسباتی جای‌پای اکولوژیک در این منطقه؛ میزان قابل توجهی از اعداد محاسبه‌شده برای هریک از عوامل غذا، ساختمان‌سازی، کالا، خدمات و حمل‌ونقل، مربوط به جای‌پای کربن است که با تغییر سبک زندگی، استفاده از تکنولوژی‌های سبز و برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی مناسب می‌توان تا حد امکان جای‌پای اکولوژیک منطقه را کاهش داد و توسعه را به سمت پایدارتر شدن هدایت کرد.

مقیاس ملی، منطقه ۲۲ تهران ظرفیت‌زیستی بسیار کمتری نسبت به متوسط ملی دارد.

همچنین با مقایسه جای‌پای اکولوژیکی منطقه مذکور (۴/۱) با میزان جای‌پای اکولوژیکی ایران که مقدار آن ۲/۶۷ است، می‌توان نتیجه گرفت منطقه ۲۲ تهران جای‌پای اکولوژیکی بیشتری نسبت به متوسط ملی دارد و بر این اساس باید فرهنگ مصرف در این منطقه اصلاح شود. به‌طور مشابه با مقایسه جای‌پای اکولوژیکی منطقه ۲۲ تهران و مقدار متوسط این شاخص در آسیا (۱/۸)، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که منطقه ۲۲ تهران دارای جای‌پای اکولوژیکی بالاتری نسبت به میانگین این شاخص در آسیاست. به‌علاوه با مقایسه جای‌پای اکولوژیکی منطقه ۲۲ تهران و مقدار متوسط این شاخص در جهان (۲/۷۰) متوجه می‌شویم که منطقه ۲۲ تهران جای‌پای اکولوژیکی بیشتری نسبت به میانگین جهانی دارد.

#### نتیجه

با توجه به ظرفیت‌زیستی ۰/۰۰۵ هکتار جهانی برای هر نفر در منطقه ۲۲ تهران در سال ۱۳۹۵ و مقایسه این عدد با جای‌پای اکولوژیکی ۴/۱ هکتار جهانی این منطقه در سال مذکور، اختلاف فاحشی بین این دو مقدار به‌دست آمد که بیانگر وضعیت بسیار نگران‌کننده‌ای در خصوص توسعه منطقه ۲۲ تهران است. مهمترین علت این اختلاف، کافی‌نبودن زیرساخت‌های این منطقه برای این حجم از ساخت‌وساز و این مقدار از جمعیت است؛ به‌گونه‌ای که در حال حاضر جمعیت منطقه بیش از دو برابر جمعیت طرح تفصیلی است و این مسئله باعث شده تا سرانه ظرفیت‌زیستی به کمتر از نصف مقدار قابل حصول براساس طرح تفصیلی تقلیل یابد. علاوه بر این با توجه به رده‌بندی منطقه ۲۲ به‌عنوان منطقه‌ای با میانه درآمد بالا (۴۰۰ میلیون ریال در سال و بیشتر برای هر نفر) و نظر به جای‌پای اکولوژیکی بین ۲/۳ تا ۶/۲ هکتار جهانی این جوامع، در صورت مدیریت ناصحیح جای‌پای

- Galli A (2015). On the rationale and policy usefulness of Ecological Footprint Accounting: The case of Morocco Global Footprint Network", 7-9 Chemin de Balexert, 1219 Geneva, Switzerland, 48: 210-224.
- He J, Wan Y, Feng L, Aia J, Wang Y (2016). An integrated data envelopment analysis and emergy-based ecological footprint methodology in evaluating sustainable development, a case study of Jiangsu Province, China. *Ecological Indicators Journal*; 70: 23-34.
- Lewan L, Simmons, C (2001). The use of Ecological Footprint and Biocapacity Analysis as Sustainability Indicators for Sub-national Geographical Areas: A Recommended Way Forward, European Common Indicators Project, Includes feedback from Oslo Workshop 23-25th, 27th August, Italia.
- Li S, Yuan W, Tie-mao, Shi T, Zhou L (2011). Dynamic analysis of ecological footprints of Nanchong City in the process of urbanization, *Procedia Engineering*; 15: 5415- 5419.
- Living Planet Report 2012. (assessed: April 15, 2016). World Wildlife Fund for Sao Paulo, <http://wwf.panda.org>.
- Szigetia C, Toth G, Szabo D R (2017). Decoupling – shifts in ecological footprint intensity of nations in the last decade. *Ecological Indicators Journal*; 72: 111-117.
- Wackernagel M., Rees W (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, Canada, P:150.
- Wang Y, Yu HX, Dongke L (2011). Analysis on dynamic ecological security and development capacity of 2005-2009 in Qinhuangdao, China, *Environmental Sciences*; 10: 607- 612.
- Zhiying G, Cuiyan L (2011). Empirical Analysis on Ecological Footprint of Household Consumption in China, *Energy Procedia*. 5: 2387-2391.
- Zurong D, Jing L (2010). Ecological footprint and Reflections on Green Development of Hangzhou, *Energy Procedia*; 5: 118-124.

## منابع

- جمعه پور، محمد؛ سارا شهناز (۱۳۹۲). بررسی وضعیت توسعه پایدار شهرستان رشت با استفاده از روش جای پای اکولوژیک، پژوهش‌های جغرافیای انسانی. دوره ۴۵، شماره ۳، صفحات ۲۰۸-۱۹۱.
- ساسان پور، فرزانه (۱۳۸۵). بررسی پایداری کلان شهر تهران با رد پای اکولوژیک، رساله دکتری. گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری. دانشگاه تبریز.
- سردارآبادی، دانیال؛ عبدالرسول سلمان ماهینی؛ سیدحامد میرکریمی؛ فرزانه ساسان پور (۱۳۹۳). رویکرد جای پای اکولوژیک برای سنجش توسعه پایدار، دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش‌های محیط زیست ایران. انجمن ارزیابان محیط زیست هگمتانه. همدان. صفحات ۴-۲.
- قرخلو، مهدی؛ حاتمی نژاد، حسین؛ باغوند، اکبر؛ یلوه، مصطفی، (۱۳۹۲). ارزیابی پایداری توسعه شهری با روش جای پای اکولوژیک (نمونه موردی: شهر کرمانشاه)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی. دوره ۴۵، شماره ۲، صفحات ۱۲۰-۱۰۵.
- مهرگان، نادر؛ حسن دلیری (۱۳۹۴). بررسی پایداری منطقه‌ای استان‌های حاشیه دریای خزر با استفاده از شاخص‌های جای پای اکولوژیک، مجله آمایش جغرافیایی فضا. دوره ۵، شماره ۱۷، صفحات ۱۶۸-۱۵۱.
- Baabou W, Grunewald N, Ouellet-Plamondon C, Gressot M, Galli A (2017). The Ecological Footprint of Mediterranean cities: Awareness creation & policy implications, *Environmental Science & Policy*; 69: 94-104.
- Ecological Footprint Atlas, (assessed: October 10, 2016). [http://www.footprintnetwork.org/ecological\\_footprint\\_nations/](http://www.footprintnetwork.org/ecological_footprint_nations/), National Footprint Accounts 2016 (Data Year 2012).
- Tehran municipality, (assessed: July 15, 2016). <http://www.tehran.ir>.





Geography and Development  
16<sup>nd</sup> Year-No.50 – Spring 2018  
Received: 24/12/2016 Accepted: 11/10/2017

## **Evaluation of Sustainability of Development in Zone 22 of Tehran by Ecological Footprint Method**

### **Dr. Farhad Qaderi**

Assistant Professor of Environmental Engineering  
Division, Faculty of Civil Engineering  
Babol Noshirvani University of Technology

### **Pariya Asadi**

M.Sc Student of Civil and Environmental  
Engineering, Faculty of Civil Engineering  
Babol Noshirvani University of Technology

### **Amin Tamadoni**

M.Sc Student of Civil Engineering,  
Faculty of Civil Engineering  
Babol Noshirvani University of Technology

### **Morteza Azizi**

M.Sc Student of Civil Engineering,  
Faculty of Civil Engineering  
Babol Noshirvani University of Technology

### **Introduction**

Humankind's demands on the biosphere were in a balance with the Earth natural resources, until the middle of 20<sup>th</sup> century. Ever since the natural resources increasingly exceeded the supply, and caused environmental destruction and ecological unsustainability (Szigetia et al, 2017). These environmental issues raised the concerns and made the sustainable development concept (He et al, 2016). Sustainable development states a long term development strategy, which considers the future generation needs for development. This kind of development should be the foundation of every region development, thus the protection of environment will be insured. Unsustainable development in a region will reduce biocapacity, jeopardize the environment, and it will cause a number of irrecoverable damages (Sardarabadi et al., 2014). Sustainable development could be assessed through various methods. The presented approach, evaluate the sustainable development of zone 22 of Tehran by calculation of Ecological Footprint. The Ecological Footprint is an accounting tool used to measure mankind's demand for natural services and biocapacity is the natural ability of an ecosystem to regenerate those services (Wackerngel and Rees., 1996). Since 1961 the balance between biocapacity and Ecological Footprint of Earth has been lost (Ecological Footprint Atlas, 2016). Moreover, with the climate change caused by massive carbon emission (CO<sub>2</sub> concentration changed from 270ppm to 400ppm since the industrial revolution), biocapacity is reducing more than before. Global consumption trends reduced the Earth biocapacity to 1.8 Global Hectares<sup>1</sup> and raised the average Ecological Footprint to 2.7 Global Hectares. This peculiar situation leads the world to unbearable ecological condition (Ecological Footprint Atlas, 2016).

---

1-An average hectare of biologically productive land or sea area with world average bioproductivity in a given year

## **Methods and material**

Study of sustainable development in Tehran zone 22 is the main aim in this research. The assessment is based on the calculation of Ecological Footprint and biocapacity metrics. Ecological Footprint is the overall usage of natural resources and the generate waste. EF is equivalent to consumption of water, land and all the use of other environmental services, in addition to released carbon and generated waste caused by this consumption. According to the assumptions and as the initial definition, the Ecological Footprint is obtained by dividing the annual demand of one product into its annual efficiency. Also, the Ecological Footprint unit is the Global Hectare. To obtain the world hectare, which depends on the efficiency coefficient (the average national efficiency of each hectare of land to the average global efficiency of that type of land) and the equilibrium coefficient (representing the relative productivity between water and land types), the amount of consumption of each person, Per ton per year, is divided into the final limit of the earth or the water zone, then the amount that is consumed or contaminated is the desire amount, which is called the world hectare. The biocapacity means the ability of the fertile land, which includes natural biotic areas that are used to produce consumable resources, and also to receive waste and residues from their consumption. To calculate the biocapacity, the efficiency coefficient and the equilibrium coefficient for each type of region of the earth is multiplied by its area. It should be noted that each of the zones of forest, pasture, farmland, built and sea, has it specific efficiency coefficient and equilibrium coefficients. Scientifically, when the two parameters are equal, the development of a region is stable. To calculate the biocapacity, two Google Earth and Arc GIS software were used and the area of available regions was calculated for each land use.

## **Results and Discussion**

The difference between the amount of Ecological Footprint and biocapacity determines the level of instability in the area; so, if this difference is high, the development of the region is an acute and very concerning. According to the results obtained in this study, carbon footprint with a total amount of 2.57 units per world hectare, compared to land, forest, pasture products, agricultural products and seafood, which were 0.09, 0.11, 0.41, 0.83, and 0.1 world hectares respectively, are significant. Also, according to the results obtained in region 22 of Tehran, the distribution of carbon in the commodity sector is the highest in terms of the area and type of use per unit of world hectare. It is approximately 0.8 and this is a threatening. In transportation sector, the services and construction, which include the next higher values, are 0.62, 0.6 and 0.43 world hectares respectively, all of which can't be ignored. Finally, the carbon footprint in the food sector is considered to be 0.12 world hectare, and has less rank and actually less vulnerable than the other factors mentioned, but it needs to be considered fairly. In the following, comparing the Ecological Footprints of This region with other major parts of the world, the location of Tehran's 22nd region, after Kyoto with 2.38, Campo Grande with 3.14 and Hong Kong with a value of 4 world hectares, which is equal to 4.11 world hectares, Sao Paulo, New York, San Francisco, Ontario and Calgary have values of 4.38, 6.1, 7.1, 8.4 and 9.86 world hectares, respectively, have a higher Ecological Footprint than Tehran's 22nd area, and the Ecological Footprint of all cases are higher than the acceptable global limit for the Ecological Footprint of the

world, and this is a threat, and it is required to take action to reduce and perhaps eliminate the damages. Biocapacity of Tehran's 22nd district, which includes the total capacity of all areas, was estimated at 5549 world hectares. By dividing this amount into the population of the region in 2015 (equal to one million and one hundred thousand), biocapacity was estimated at 0.005 world hectares per capita. By comparing it with Iran, Asia and the world, it was determined that Tehran's 22nd region has a much lower capacity than the mentioned ones. To estimate the Ecological Footprint of the 22nd district of Tehran, population density and information related to lifestyle were used and the rate of this parameter was 4.1 world hectare per capita. Comparing the Ecological Footprint of the 22nd district of Tehran with the average of this index in Iran (2.67), Asia (1.8) and also in the world (2.7), it was determined that the 22nd district of Tehran has a more Ecological Footprint amount than all these. There is a need to reduce the Ecological Footprint by changing the pattern of life and reducing population in the region.

### **Conclusion**

Cause of immoderate difference between Ecological Footprint and biocapacity in this region it's accurate to assess the development, in an unsustainable situation. The main reason of this difference is lack of infrastructures in zone 22. With two times more population than master plan, biocapacity is less than half of the predicted amount. As a region with high mid-income level, in case of mismanagement Ecological Footprint of Tehran zone 22 could reach to 6.2 Global Hectares. Zone 22 needs an immediate management on population density with decrease in urban construction, especially near the Chitgar artificial lake. It worth mentioning that Ecological Footprint decrease is an achievable goal. Germany was successful to change the people Ecological Footprint from 6.8 Global Hectares in 1990 to 5.2 Global Hectares in 2012.

**Keywords:** Sustainable Development, Ecological Footprint, Biocapacity, Zone 22 of Tehran.

### **References**

- Jamepour, Mohammad; Sara Shahnava (2013). Investigating the Status of Sustainable Development in Rasht by Using the Ecological Locus, Human Geographic Research, Period 45, No. 3, PP. 191-208.
- Sassanpur, Farzaneh (2016). Investigating the Sustainability of Tehran Metropolis with Ecological Footprints, Ph.D., Department of Geography and Urban Planning, Tabriz University.
- Sardarabadi, Danial; Abdolrasoul Salman Mahini; Seyyed Mohammad Mirkarimi; Farzaneh Sasanpur (2014). An Ecological Location Approach for Sustainable Development Assessment, Second National and Specialized Conference on Environmental Studies of Iran, Hegmatane Environmental Assessment Center, Hamadan, PP. 2-4.
- Gharkholoh, Mahdi; Hatmininezhad, Hossein; Baghvand, Akbar; Yelveh, Mostafa (2013). Evaluation of Urban Development Sustainability by Ecological Locus (Case Study: Kermanshah City), Human Geographic Research, Period 45, Number 2, PP.105-120.
- Mehregan, Nader; Hasan Daliri (2015). Investigation of Regional Sustainability of Caspian Sea Provinces Using Ecological Indicators, Journal of Geographic Space, Vol. 5, No. 17, PP. 151-168.

- Baabou W, Grunewald N, Ouellet-Plamondon C, Gressot M, Galli A (2017). The Ecological Footprint of Mediterranean cities: Awareness creation & policy implications, *Environmental Science & Policy*; 69: 94-104.
- Ecological Footprint Atlas, (assessed: October 10, 2016).
  - o [http://www.footprintnetwork.org/ecological\\_footprint\\_nations/](http://www.footprintnetwork.org/ecological_footprint_nations/), National Footprint Accounts 2016 (Data Year 2012). Tehran municipality, (assessed: July 15, 2016). <http://www.tehran.ir>.
- Galli A (2015) On the rationale and policy usefulness of Ecological Footprint Accounting: The case of Morocco *Global Footprint Network*", 7-9 Chemin de Balexert, 1219 Geneva, Switzerland, 48: 210-224.
- He J, Wan Y, Feng L, Aia J, Wang Y (2016.) An integrated data envelopment analysis and emergy-based ecological footprint methodology in evaluating sustainable development, a case study of Jiangsu Province, China. *Ecological Indicators Journal*; 70: 23-34.
- Lewan L, Simmons, C (2001) The use of Ecological Footprint and Biocapacity Analysis as Sustainability Indicators for Sub-national Geographical Areas: A Recommended Way Forward, European Common Indicators Project, Includes feedback from Oslo Workshop 23-25th, 27th August, Italia.
- Li S, Yuan W, Tie-mao, Shi T, Zhou L (2011). Dynamic analysis of ecological footprints of Nanchong City in the process of urbanization, *Procedia Engineering*; 15: 5415- 5419.
- Living Planet Report (2012). (assessed: April 15, 2016). World Wildlife Fund for Sao Paulo, <http://wwf.panda.org>.
- Szigetia C, Toth G, Szabo D R (2017). Decoupling – shifts in ecological footprint intensity of nations in the last decade. *Ecological Indicators Journal*; 72: 111-117.
- Wackernagel M., Rees W (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, Canada, P:150.
- Wang Y, Yu HX, Dongke L (2011). Analysis on dynamic ecological security and development capacity of 2005-2009 in Qinhuangdao, China, *Environmental Sciences*; 10: 607-612.
- Zhiying G, Cuiyan L. 2011; Empirical Analysis on Ecological Footprint of Household Consumption in China, *Energy Procedia*. 5: 2387-2391.
- Zurong D, Jing L (2010). Ecological footprint and Reflections on Green Development of Hangzhou, *Energy Procedia*; 5: 118-124.