فصلنامه علوم محیطی، دوره شانزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

۲۵-۴۴

# جای پای اکولوژیک، سنجشی برای پایداری شهرها مورد پژوهی شهر تبریز

**لطفعلی کوزه گر کالجی[۱*]، آرمان مسلمی[۱]، محمد مرادی[۲]، حسین رفیعی مهر[۱] و عباس امینی‌زاده[۱]**

[۱] گروه جغرافیای انسانی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

[۲] گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۰۵

**کوزه‌گر کالجی، ل.، آ. مسلمی، م. مرادی، ح. رفیعی مهر و ع. امینی‌زاده. ۱۳۹۷.** جای پای اکولوژیک، راهی به سوی پایداری شهرها مورد پژوهی شهر تبریز. فصلنامه علوم محیطی. ۱۶ (۳): ۴۴-۲۵.

**سابقه و هدف:** با گسترش مفهوم گسترش پایدار در سطح بین‌المللی، دانشمندان، مدل‌های کمی و کیفی زیادی را برای اندازه‌گیری گسترش پایدار جامعه‌ها و شهرها نشان دادند. یکی از این ابزارها که توجه بیشتری را در سطح‌های علمی، سیاسی و آموزشی به خود جلب کرده، ارزیابی جای پای اکولوژیک است. بر اساس این روش، گسترش یک منطقه، زمانی "ناپایدار" قلمداد می‌شود که میزان جای پای اکولوژیک از ظرفیت زیستی منطقه بالاتر باشد. روش جای پای اکولوژیک تاکنون برای سنجش پایداری شهرهای بزرگ دنیا مانند لندن، لیورپول، پاریس مورد استفاده قرارگرفته است. هدف از این پژوهش، سنجش پایداری شهر تبریز با استفاده از روش جای پای اکولوژیک است.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش به‌طورکلی از روش‌های توصیفی - تحلیلی و کمی استفاده‌شده است. داده‌های این پژوهش به‌طور عمده از نوع کمی است. جامعه‌ی مورد بررسی آن، شامل همه خانوارهای ساکن در شهر تبریز بوده است. داده‌های این پژوهش به دو روش اسنادی و میدانی گردآوری شده‌اند. این داده‌ها درروش اسنادی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و پایگاه‌های علمی و همچنین سازمان‌های مختلف، گردآوری شده‌اند. در این تحقیق از روش نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای استفاده شده است. شهر تبریز به ده منطقه برحسب منطقه‌های شهرداری انتخاب و از هر منطقه چند بلوک به‌صورت قرعه‌کشی انتخاب و برداشت شد. در مرحله بعدی با استفاده از روش تلفیقی جای پای اکولوژیکی که از ترکیب کاربرد دو روش استقرایی و قیاسی تشکیل شده است، برای محاسبه رد پای اکولوژیک در سطح‌های ناحیه‌های شهری اقدام شد. داده‌های لازم برای اندازه‌گیری اولیه با کمک جدول‌های آماری کشور به‌دست‌آمده است. ازجمله داده‌های موردنیاز برای تحلیل، می‌توان به مصرف انرژی غذا، تولیدهای جنگلی و مصرف‌های آن اشاره کرد.

**نتایج و بحث:** برای تعیین جاپای اکولوژیکی شهر تبریز، از داده های غذا، میزان دی‌اکسید کربن ناشی از حمل‌ونقل، گرمایش به‌دست‌آمده از گازهای طبیعی، آب، نیروی الکتریسیته و مقدار زباله استفاده شده است. نتایج نشان می دهد: شهر تبریز برای دفن زباله به‌طور متوسط سالانه به ۱۰/۸۶ هکتار زمین نیاز دارد. زمین موردنیاز برای جذب کربن ناشی از مصرف گاز طبیعی هر شهروند تبریزی، ۱۳۵ مترمربع است و برای کل شهر نیز، این جای پا حدود ۲۰۷۹۵ هکتار است. جای پای اکولوژیکی هر یک از شهروندان تبریزی از نیروی الکتریسیته ۰/۱۷ هکتار است. در نهایت جای پای مصرف آب شهر تبریز ۰/۰۲۰ هکتار است.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: l_kozegar@mail.sbu.ac.ir

**نتیجه‌گیری:** نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد که جای پای اکولوژیکی شهر تبریز در گروه‌های مصرفی مواد غذایی، حمل‌ونقل، گرمایش گازهای طبیعی، آب، برق و زمین موردنیاز برای دفع مواد زائد ۳/۳۰ هکتار بوده است. مقایسه‌ی آن با فضاهای پشتیبان آن، مانند شهرستان و استان، بیانگر این است که شهر تبریز برای برآوردن نیازهای زیستی و پایداری خویش متّکی به منطقه‌ای فراتر از استان آذربایجان شرقی است. نگاهی به میزان مواد مصرفی شهر تبریز، نشان می‌دهد که سهم مواد غذایی با ۲/۷۳ هکتار، بیشترین سهم را در بین دیگر شاخص‌ها دارد. کمترین میزان مربوط به زمین موردنیاز برای دفع زباله ۰/۰۷ مترمربع به ازای هر نفر بوده است. ازآنجایی‌که ظرفیت زیستی ایران ۰/۸ هکتار است. جای پای اکولوژیکی ۳/۳۰ هکتاری شهر تبریز بدان معناست که ۴/۱۲۵ برابر بیش از سهم خود، از ظرفیت زیستی قابل‌تحمل کشور را به خود اختصاص داده است.

**واژه‌های کلیدی**: جای پای اکولوژیکی، توسعه شهری، ظرفیت زیستی، تبریز.

## مقدمه

طی صدسال اخیر، شهرها درصد زیادی از جمعیت جهان را به‌سوی خود جذب کرده‌اند. با اینکه شهرها تنها حدود ۳٪ از سطح زمین را شامل می‌شوند، اما بیش از نیمی از جمعیت جهان و بیشترین مصرف منبع‌ها را به خود اختصاص داده‌اند (Dhanju, 2008). افزایش جمعیت به همراه الگوی مصرف ناپایدار، فشار فزاینده‌ای را بر زمین، آب، انرژی و دیگر منبع‌ها ضروری زمین وارد می‌کند. رشد شتابان جمعیت به‌طور معمول با تخریب شدید محیط‌زیست، ازجمله فرسایش خاک، بیابان‌زایی و جنگل‌زدایی همراه است. این وضعیت می‌تواند فراسوی حدود منبع‌های طبیعی و اقتصادی و ظرفیت تحمل منطقه باشد و توانایی اداره‌ی زندگی آن را در درازمدت به خطر بیندازد (Palmer, 2003). به همین دلیل، ناپایداری شهری یکی از اصلی‌ترین موضوع‌ها و چالش‌های شهرهای قرن بیست و یک بویژه در کشورهای درحال توسعه به شمار می‌آید. ناپایداری توسعه شهری، توجه به اصل پایداری را هر چه بیشتر مورد تأکید قرارداد. با بروز ضایعه‌های محیط زیستی و کاهش سطح عمومی زندگی، رهیافت توسعه پایدار به‌عنوان مهمترین موضوع دهه آخر قرن بیستم، از سوی سازمان ملل مطرح شد (Kazemi and Mohammadi, 2001). کاربرد اصطلاح توسعه پایدار برای اولین بار در اواسط دهه ۱۹۷۰ به خانم "باربارا وارد" و کتاب معروف او با عنوان "تنها یک زمین" نسبت داده می‌شود (Badri, 1997). با معرفی توسعه پایدار به جامعه علمی جهان، تحقیق برای ابداع شاخص‌هایی که بتوانند در این زمینه تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان را به‌طورکلی و دانشمندان محیط‌زیست را به‌طور خاص یاری دهند، در حال گسترش و پیشرفت بوده است. در این زمینه، سه نوع نظریه را می‌توان تشخیص داد:

۱- شاخص‌های بهم پیوسته توسعه پایدار که مثال‌هایی از این روش، شاخص (ISEW) برای محاسبه هزینه‌های چندگانه مصرف‌کننده توسط ضریب جینی، شاخص (GPI) که توسط کلیف کوب برای محاسبه زمان‌های فراغت و هزینه‌های بیکاری بیان شده است و بانک جهانی شاخص "ثروت ملت‌ها" است (Ecotec-uk, 2001).

۲- یک چارچوب ارزیابی جامع که به‌تازگی پدیدار شده و بسط یافته است و به‌طور سازمان‌یافته شاخص‌هایی از این شبکه منتج شده‌اند. مثال این روش، گزارش گروه بالاتن است (Meadows, 1998).

۳-مجموعه‌ای از شاخص‌های توسعه پایدار مبنی بر توافق کلی و بدون جامعیت، که این نیز به‌تازگی در حال گسترش است مانند پروژه کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل متحد (UN.CSD) در زمینه شاخص توسعه پایدار (این کمیسیون شاخص‌های استانداری را

برای محاسبه توسعه پایدار به کشورهای جهان ارائه می‌دهد)، پروژه پایداری سیاتل و شاخص جای پای بوم‌شناختی (این شاخص برای محاسبه مقدار نیاز انسان به منبع‌های اکولوژیکی و برآورد پایداری، یا عدم پایداری مصرف جمعیت‌ها در سطح ملی، منطقه‌ای و محلی نشان داده شده است).

از مهمترین هدف‌های شاخص‌های توسعه پایدار، این است که بتوان آن‌ها را در مورد هدایت تصمیم‌های توسعه جدید، مورداستفاده قرارداد (Farjam, 2006). بنابراین مهمترین جنبه توسعه پایدار، مدیریت منبع‌ها است. درگذشته، تمرکز مدیریت منبع‌ها بیشتر روی منبع‌های تجدید ناپذیر (مانند انرژی و فلزها) بوده است. اکنون توجه به‌سوی استفاده از منبع‌های تجدید پذیر مختلف (به‌ویژه زمین و آب) تغییریافته است (RIVM/UNEP, 1997). در این میان جای پای بوم‌شناختی در سال ۱۹۹۶ به‌وسیله پروفسور ویلیام ریز و دکتر ماتیس واکرناگل مطرح شد و به‌سرعت به‌عنوان شاخص توسعه پایدار موردپذیرش قرار گرفت. این شاخص امروزه در بسیاری از کشورها، در سطح‌های ملی و محلی استفاده می‌شود. شاخص جای پای بوم‌شناختی، روش یکپارچه مصرف منبع‌های طبیعی و جذب ضایعه‌ها است. بدین ترتیب این شاخص، ابزاری محاسبه‌ای برای منبع‌های بوم‌شناختی است. EF در چند سال گذشته، بارها به‌عنوان شاخص نهفته برای تخمین پیامدهای محیطی الگوهای تولید و مصرف استفاده‌شده است و همچنین ما را قادر می‌سازد که کمبودها و منبع‌ها را به‌طور دقیق مشخص کنیم (Barret *et al*., 1999).شاخص جای پای بوم‌شناختی (EF)[1] به‌طور روشنی نشان می‌دهد که در کدام ناحیه و کجا، انسان بر روی منبع‌های طبیعی فشار وارد می‌کند. درواقع این شاخص، میزان استفاده اشخاص، سازمان‌ها، شهرها، منطقه‌ها و کشورها از منبع‌های طبیعی اندازه‌گیری می‌کند . بدین ترتیب EF نه‌تنها برای تخمین فضای استقرار با توجه به ناحیه‌های موردنیاز برای پایداری بشر امروزی استفاده می‌شود بلکه در مورد بررسی راهبردهای مختلف برای آینده نیز ابزار مناسبی است و همچنین برای اندازه‌گیری نسبت پیشرفت پایداری جامعه‌ها نیز به‌کار می‌رود. بنابراین پایداری در این شاخص، به معنی دستیابی به زندگی راضی‌کننده، بدون تحمیل به ظرفیت اکولوژیک بیشتر سیاره است (Redefining progress, 2003). از زمانی که فرمول EF در سال ۱۹۹۶ بیان شد، برخی محققان به این روش انتقاد کرده‌اند، ولی به‌طورکلی این شاخص را به‌منزله ابزار برنامه‌ریزی، آموزشی و تعیین‌کننده خط مشی آینده تائید کرده‌اند.

شهر تبریز مرکز استان آذربایجان شرقی و بزرگ‌ترین شهر شمال غرب ایران و یکی از قطب‌های صنعتی و جزء پنج شهر تاریخی – فرهنگی کشور محسوب می‌شود. این شهر از روابط متقابل مؤثری در نظام شهری ایران برخوردار بوده و یافته‌های تحقیق پیرامون شهر مورد بررسی تا حدودی می‌تواند بیانگر مسئله‌ها و راهکارها در سطح ملی در مورد شهرهای بزرگ دیگر نیز باشد. .در همین راستا، این مقاله باهدف ارزیابی پایداری توسعه‌ی شهری در شهر تبریز با استفاده از روش جای پای اکولوژیکی، بر آن است تا بررسی کند آیا فضای بوم‌شناسی شهر تبریز توان حمایت و برآوردن نیازهای اساسی جمعیت شهر را دارد؟ آیا شهر تبریز از لحاظ محیط-زیستی پایدار است یا ناپایدار است؟ به‌گونه‌ای که سامانه‌های زیستی آن قادر به پشتیبانی و پاسخ‌گویی به‌تمامی فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی ساکنان خود باشد. در این پژوهش برای حفظ انسجام و اختصار پژوهش، تحقیق‌های پیشین به دودسته تقسیم شده‌اند: ۱- پژوهش‌های صورت گرفته در ایران ۲- پژوهش‌های صورت گرفته در کشورهای انگلیسی‌زبان.

**جدول ۱- پیشینه تحقیق**

**Table 1. Research background**

| ردیف<br>Row | محققین<br>Researchers | پژوهش‌های انجام‌شده<br>Research done | نتیجه<br>Result |
|---|---|---|---|
| **1** | HosseinzadehDelir, 2006 | روش جای پای اکولوژیک در پایداری کلان‌شهرها با نگرشی بر کلان‌شهر تهران<br>The ecological footprint of urban sustainability with a view to metropolitan Tehran | فضای اکولوژیک تهران توان برآورد نیازهای اساسی خود را ندارد و این عدم توان، ناپایداری را از یک‌سو به درون خود و از سویی دیگر به منطقه پشتیبان که مواد و انرژی را تأمین می‌کند، سوق می‌دهد.<br>Tehran's ecological space can not measure its basic needs, and this inability leads to instability from one to the other, and on the other hand to the back-up area that supplies power and energy. |
| **2** | faryadi and Samadpour, 2008 | تعیین جای پای اکولوژیک در نواحی شهری پرتراکم و بلندمرتبه<br>Determine the ecological footprint and high density in urban areas. | اندازه کلیه نیازهای مصرفی افراد جامعه نمونه (محله الهیه تهران) در زمینه‌های اصلی از قبیل الکتریسیته، گرمایش گازهای طبیعی، آب، حمل‌ونقل، زباله و غذا محاسبه‌شده است. سپس مقادیر مصرفی هر عامل برحسب زمین مورد مصرف محاسبه برای محله برآورد شده است که بیش از ۵برابر مساحت ناحیه و EFو درنهایت سرانه ۱/۶ برابر کل مساحت شهر تهران بوده است.<br>The size of all consumer needs of the sample population (Tehran's Elahieh neighborhood) has been calculated in the main areas such as electricity, natural gas heating, water, transportation, waste and food. Then, the amount of consumption of each factor is calculated in terms of land used, and hence the per capita EF for the neighborhood is estimated to be more than 5 times the area of the area and 1.6 times the total area of Tehran. |
| **3** | Habibi *et al.*, 2012 | ارزیابی جاپای بوم‌شناختی وسایل حمل‌ونقل شهری؛ رویکرد نوین به‌منظور برنامه‌ریزی حمل‌ونقل پایدار مطالعه موردی شهر ارومیه<br>Footprint assessment of ecological urban transport a novel approach for sustainable transport planning case study Orumiyeh | نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بیشترین میزان جاپای بوم‌شناختی در شهر ارومیه مربوط به مینی‌بوس (۰/۰۰۰۵۵ هکتار) و کمترین مقدار نیز مربوط به موتورسیکلت (۰/۰۰۰۱۶ هکتار) هست. مقایسه میزان جاپای وسایل حمل‌ونقل شهری با مقادیر استاندارد گویای آن است که به‌جز اتوبوس، دیگر شیوه‌های حمل‌ونقلی شهر ارومیه از میزان جاپای بیشتری نسبت به استانداردهای جهانی برخوردند.<br>The results of the study show that the highest amount of ecological footprint in Urmia belongs to Minibus (0.00055 ha) and the smallest amount is related to motorcycle (0.00016 ha). Comparison of the amount of the means of transportation of urban vehicles with standard values suggests that other than the bus, other transhipment methods of the city of Orumiyeh have been more than global standards. |
| **4** | joomehPour *et al.*, 2012 | بررسی وضعیت توسعه پایدار شهرستان رشت با استفاده از روش جای پای اکولوژیک<br>Study of sustainable development status of Rasht city using ecological footprint method | جای پای اکولوژیک مصرف در شهرستان رشت، ۱/۹۷۹ هکتار به ازای هر نفر برآورد شد. همچنین ظرفیت زیستی ۰/۴۱۴ هکتار به ازای هر نفر محاسبه شد. تحلیل نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که شهرستان رشت از دیدگاه اکولوژیک ناپایدار است.<br>The ecological footprint of consumption in Rasht was estimated at 1.979 hectares per person. The biological capacity was estimated at 0.414 hectares per person. The analysis of the results shows that the city of Rasht is unstable from the ecological point of view. |
| **5** | Van Warren and Smith,2000 | رد پای اکولوژیک در کشورهای بنین، بوتان، کاستاریکا و هلند<br>Ecological footprints in Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands | نتیجه این تحقیق مشخص کرد که کشورهای بنین و کاستاریکا با توجه به ظرفیت زیستی و اکولوژیک پایین و استفاده بیشتر از این ظرفیت ناچار به واردکردن کالای مصرفی خود شده‌اند.<br>The study concluded that the countries of Benin and Costa Rica had to import their own consumer goods due to low biological and ecological capacities and more use of this capacity. |
| **6** | McDonald and Peterson, 2004 | رد پای اکولوژیکی و اتکای متقابل نواحی نیوزلند<br>The ecological footprint and reciprocal reliance of New Zealand | با استفاده از جدول داده – ستانده به بررسی رد پای اکولوژیکی ۱۶ منطقه در نیوزلند پرداخته‌اند. مطالعه موردی بر روی اکلند صورت پذیرفته است. نتیجه تحقیق نشان می‌دهد که رد پای اکولوژیکی نخست شهر اکلند ۲/۳۲ میلیون هکتار است؛ یعنی برای هر شهروند ۲ هکتار زمین مورد نیاز است.<br>Using the input-output table, they examined the ecological footprint of 16 areas in New Zealand. A case study has been conducted on Auckland. The result of the study shows that the first ecological footprint of the city of Auckland is 2.32 million hectares, that is, for every citizen, 2 hectares of land is needed. |

**ادامه جدول ۱- پیشینه تحقیق**

**Table 1. Research background**

| ردیف Row | محققین Researchers | پژوهش‌های انجام‌شده Research done | نتیجه Result |
|---|---|---|---|
| **7** | Druckman and Jackson, 2009 | ردپای اکولوژیکی کربن خانگی انگلستان Household carbon ecological footprint England | از انرژی CO2بر پایه مدلی شبیه داده – ستانده منطقه‌ای میزان انتشار گاز مصرفی برای تولید مایحتاج خانگی را حساب کردند. نتیجه تحقیق نشان می‌دهد در طی این سال‌ها ۱۵ درصد افزایش داشته است.CO2که میزان انتشار گاز Based on a regionalized data-output model, they calculated the amount of CO2 emitted from energy used to generate household goods. The results of the study show that CO2 emissions have increased by 15% over the years. |
| **8** | Lei, 2010 | پیش‌بینی رد پای اکولوژیکی شهر وهان با استفاده از شبکه‌های عصبی Using neural network to predict the ecological footprint Wuhan City | در این پژوهش به این نتیجه رسید که پیش‌بینی رد پای اکولوژیکی را برای ارزیابی تاثیر انسان بر محیط لازم و ضروری می‌داند. بر اساس محاسبه‌ها، ظرفیت زیستی وهان ۵۰ درصد بیشتر از میانگین جهانی است. جای پای اکولوژیک شهر وهان ۲/۴۴ هکتار است. In this study, it was concluded that the prediction of the ecological footprint to assess the human effects on the environment is necessary. Based on calculations, the bioavailability is 50% higher than the global average. The ecological foothills of Wahan are 2.44 hectares. |
| **9** | Zhuang, 2010 | جای پای اکولوژیک و بازتاب های توسعه سبز در هانگزو Ecological footprints and reflections on green development in Hangzhou | نتیجه بررسی نشان می‌دهد که سرانه جای پای هانگزو، از ۱/۱۵۶۱ هکتار در سال ۱۹۸۸، به ۲/۲۲۳ هکتار در سال ۲۰۰۸ رسیده است. کسری اکولوژیک به وجود آمده، نشان‌دهنده جای پای بزرگ‌تر از ظرفیت زیستی هانگزو است و برای کاهش جای پا، باید توسعه سبز را تحقق بخشید. The results of the study show that per capita Hangzhou footprint has risen from 1.1561 in 1988 to 2.223 hectares in 2008. The ecological deficit is a sign of a bigger footprint than Hangzhou's biodiversity, and green growth has to be done to reduce its footprint. |

مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۴ مأخذ:

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش به‌طورکلی از روش‌های توصیفی - تحلیلی و کمی استفاده شده است. داده‌های این پژوهش به‌طور عمده از نوع کمی است. جامعه‌ی مورد بررسی آن، شامل همه خانوارهای ساکن در شهر تبریز بوده است. داده‌های این پژوهش از دو روش اسنادی و میدانی گردآوری شده‌اند. این داده‌ها درروش اسنادی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و پایگاه‌های علمی و همچنین سازمان‌های مختلف، گردآوری شده‌اند. در این پژوهش از روش نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای استفاده‌شده است. شهر تبریز به ده منطقه برحسب منطقه‌های شهرداری انتخاب و از هر منطقه چند بلوک به‌صورت قرعه‌کشی انتخاب و برداشت شد. در مرحله بعدی با استفاده از روش تلفیقی جای پای اکولوژیکی که از ترکیب کاربرد دو روش استقرایی و قیاسی تشکیل‌شده است، برای محاسبه رد پای اکولوژیک در سطح‌های ناحیه‌های شهری اقدام خواهد شد. لازمه به‌کارگیری این روش، پردازش داده‌ها و ارزیابی توان بوم‌شناختی شهر تبریز در محدوده‌ای به وسعت ۲۰ هزار هکتار است که با استفاده از نقشه شهرداری تبریز به‌دست‌آمده است. شاید مهمترین مرحله انجام پژوهش، به‌دست‌آوردن داده‌های لازم برای اندازه‌گیری رد پای اکولوژیک باشد. داده‌های لازم برای اندازه‌گیری اولیه با کمک جدول‌های آماری کشور به‌دست خواهندآمد. ازجمله داده‌های موردنیاز برای تحلیل، می‌توان به مصرف انرژی، غذا، تولیدهای جنگلی و مصرف‌های آن اشاره کرد. برای تعیین جاپای اکولوژیکی شهر تبریز، داده‌های موجود و قابل‌اندازه‌گیری عبارت‌اند از: غذا، میزان دی‌اکسید کربن ناشی از حمل‌ونقل، گرمایش به‌دست‌آمده از گازهای طبیعی، آب، نیروی الکتریسیته و مقدار زباله.

برای سنجش روایی، پرسشنامه با روش اعتبار محتوا مورد بررسی قرار گرفت. برای تضمین اعتبار محتوای پرسشنامه، از روش دلفی بنابه نظر متخصصان و اساتید دانشگاه بهره‌گیری شد. با کسب نظرهای افراد یاد-شده،اصطلاح‌های لازم در سؤال‌ها به‌عمل‌آمده و بدین ترتیب اطمینان حاصل شد که پرسشنامه، همان هدف-های پژوهش موردنظر را می‌سنجد. یکی از روش‌های محاسبه قابلیت پایایی ضریب آلفای کرونباخ است. که برای محاسبه آن در این پژوهش، از بررسی مقدماتی با توزیع ۴۰ پرسشنامه در قالب پیش‌آزمون استفاده‌شده است. سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS مقدار آلفا، برای کل پرسشنامه ۰/۸۱۱ به‌دست‌آمده‌است. در پژوهش‌های علوم انسانی، ضریب آلفای بالاتر از ۰/۷ قابل‌قبول است (Azar and Momeni, 2006).

## مبانی نظری

### توسعه پایدار شهری

مفهوم پایداری درواقع تلاشی است برای دستیابی به بهترین نتایج در برنامه‌های محیط انسانی و طبیعی که برای حال و به‌صورت نامحدود برای آینده صورت می‌گیرد (Shi'a, 2008). فعل "Sustain" از سال ۱۲۹۰ میلادی در زبان انگلیسی بکار گرفته‌شده و از ریشه‌ی لاتین " sub"و "ten ere" به معنی نگهداشتن و یا نگهداری کردن است. لغت‌نامه آکسفورد سابقه‌ی صفت"sustainable" را در حدود ۱۴۰۰ سال برآورد کرده است و آن را به شکل‌های مختلف معنا می‌کند. ولی تنها در طول چند دهه‌ی اخیر است که این واژه بامعنای کنونی آن؛ یعنی" آنچه می‌تواند در آینده تداوم یابد" یا "پایداری" کاربرد یافته است و در فارسی به"پایا"، "دائم"، "باقی"، "استوار"، "جاویدان"، "بادوام" و... ترجمه‌شده است (Soflaie, 2004). تعریف‌های زیادی از پایداری وجود دارد، اما دو تعریف زیر ماهیت این واژه را روشن می‌کند:

-ارتقای کیفیت زندگی، ضمن در نظر گرفتن ظرفیت تحمل محیط‌زیست.

- پاسخگویی به نیازهای نسل حاضر بدون آنکه توانایی و امکان‌های نسل‌های آینده برای تأمین نیازهایشان محدود شود (Hamideh and MohammadPour, 2007).

مفهوم توسعه در برابر رشد قرار می‌گیرد، توسعه یک مفهوم کیفی را تشخّص می‌کند و می‌توان آن را معادل با افزایش کیفیت زندگی دانست که مسئله‌هایی مانند بهداشت، آموزش، رفاه و غیره را در بردارد (Hosseinzadeh Delir, 2006). توسعه گذر از مرحله‌ای به مرحله‌ی دیگر است و در بطن مفهوم آن سه واژه‌ی کلیدی تحول، تغییر و پیشرفت، جای می‌گیرد. تحول، فرآیند تغییر در یک دوره‌ی طولانی‌مدت، تغییر، فرآیند قابل‌اندازه‌گیری در دوره‌ی کوتاه‌مدت و پیشرفت، روند پویای حرکت و تغییر روبه‌جلو درگذر زمان است (Taghizadeh, 2008).

توسعه‌ی پایدار به‌عنوان توسعه‌ای که نیازهای نسل حاضر بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای رفع نیازهای خود تعریف‌شده است. که نیاز به رویکرد برنامه‌ریزی محیط زیستی دارد که در آن، در همه سطح-های مجاز از توسعه‌ی پایدار نگهداری می‌شود. ارزیابی آثار محیط زیستی ضمن کمک به رویکرد برنامه‌ریزی، یکی از ابزار مهم برای دستیابی به این هدف است (Hilden, 1997). توسعه‌ی پایدار شهری، یک فرآیند پویا و بی‌وقفه در پاسخ به تغییر فشارهای اقتصادی، محیط زیستی و اجتماعی است (Haughton and Hunter, 2005).

نظریه‌ی توسعه‌ی پایدار شهری به‌دست‌آمده، نتیجه بحث‌های طرفداران محیط‌زیست درباره‌ی مسئله‌های محیط زیستی بویژه زیست شهری است که به دنبال نظریه‌ی توسعه‌ی پایدار برای حمایت از منبع‌های محیطی بیان شد. در این نظریه موضوع نگهداری منبع‌ها

برای حال و آینده از طریق استفاده‌ی بهینه از زمین و واردکردن کمترین ضایعه‌ها به منبع‌های تجدید ناپذیر مطرح است. نظریه‌ی توسعه‌ی پایدار شهری موضوع‌های جلوگیری از آلودگی‌های محیط شهری و ناحیه‌ای، کاهش ظرفیت‌های تولید محیط محلی ناحیه‌ای و ملّی، حمایت از بازیافت‌ها، نبود حمایت از توسعه‌های زیان‌آور و از بین بردن شکاف میان فقیر و غنی را مطرح می‌کند. همچنین راه رسیدن به این هدف‌ها را، برنامه‌ریزی‌های شهری، روستایی، ناحیه‌ای و ملّی که برابر با قانون کنترل بیشتر در شهر و روستا است می‌داند (Wilson and Anielski, 2010). این نظریه مانند دیدگاهی راهبردی به نقش دولت در این برنامه‌ریزی‌ها اهمیت بسیاری می‌دهد و بر این باور است که دولت‌ها باید همه جانبه از محیط‌زیست شهری حمایت کنند. این نظریه، پایداری شکل شهر، الگوی پایدار سکونت‌گاه‌ها، الگوی موثّر حمل‌ونقل در زمینه مصرف سوخت و نیز شهر را در سلسله مراتب ناحیه شهری بررسی می‌کند، زیرا ایجاد شهر را تنها برای لذّت شهرنشینان می‌داند. در یک دید اجمالی مبانی نظری مفهوم پایداری در شهر و ناحیه شامل این موارد می‌شود: کاهش آلودگی، نگهداری منبع‌های طبیعی، کاهش حجم ضایعه‌های شهری، افزایش بازیافت‌ها، کاهش انرژی مصرفی، افزایش بیش‌ازحد جانداران مفید در شهر و روستا با ایجاد جامعه‌ی جنگلی و درختان شهری و ناحیه-های سبز، نبود تمرکز شهری و کاهش پراکندگی‌ها، افزایش تراکم متوسط در حومه‌های شهری و شهرهای کوچک، کاهش فاصله‌های ارتباطی، ایجاد اشتغال محلی، توسعه‌ی متنوع مساکن در مراکز اشتغال، توسعه‌ی شهرهای کوچک برای کاهش اتکا به شهرهای بزرگ، ساختار اجتماعی متعادل حمل‌ونقل عمومی و کاهش راه‌بندان جاده‌ای، مدیریت ضایعه‌های بازیافت نشدنی، توزیع منبع‌ها و تهیه‌ی غذای پایدار محلی (Fan, 2009).

اصل‌های توسعه‌ی پایداری: هدف‌های بنیانی فعالیت‌های هر جامعه ازجمله جامعه‌ی شهری، ارتقای شرایط کمی و کیفی زندگی انسان است. بنابراین در توسعه‌ی پایدار شهری نیز که با این هدف تحقّق می‌یابد، اصل‌های زیر قابل‌توجه خواهد بود:

۱- ارتباط با طبیعت؛ ۲- امنیت و ایمنی؛ ۳- ارزیابی؛ ۴- آگاهی و دانش؛ ۵- وحدت و جامع‌نگری.

با توجه به ابعاد تعریف شده توسعه‌ی پایدار شهری، تعریف زیر برای این نوع توسعه مناسب است:

تغییر تراکم و کاربری زمین‌های شهری برای رفع نیازهای اساسی مردم در زمینه‌ی مسکن، حمل‌ونقل، فراغت و غیره به‌گونه‌ای که شهر ازنظر محیطی قابل سکونت و زندگی، ازنظر اقتصادی قابل‌دوام و ازنظر اجتماعی برابری داشته باشد و به‌نحوی که این تغییرپذیری‌های فناورانه و صنعتی، حفظ اشتغال، مسکن و شرایط محیط زیستی مناسب را در برداشته باشد (Movahed, 2000).

## جای پای بوم‌شناختی

جاپای بوم‌شناختی روش و رویکردی است که میزان مداخله انسان در طبیعت را نشان می‌دهد. این روش به ارزیابی میزان تأثیر انسان بر محیط می‌پردازد و نشان می‌دهد که میزان بار و فشار وارد بر طبیعت چقدر است. این رهیافت از دو دهه پیش توسط ویلیام ریس زیست‌شناس و برنامه‌ریز منطقه‌ای دانشگاه بریتیش کلمبیا ابداع شده است که در آن میزان نیاز سالیانه یک کشور، شهر و یا یک خانواده به میزان زمین و دریای مولد (ازنظر بوم‌شناختی) که با فن‌آوری‌های موجود، تمامی نیازهای آن‌ها را به‌طور پیوسته تأمین کند، محاسبه می‌شود (Kissinger *et al.*, 2007). درواقع این روش، منطقه پشتیبان پایداری هر سکونتگاه انسانی با آن را برآورد می‌کند (Wada. 1994). این برآورد نشان می‌دهد که چه میزان از سطح زمین و دریاهای دارای قدرت تولید طبیعی برای پاسخ به نیازهای حیاتی و تأمین سبک زندگی آن‌ها مورد نیاز است. روش جاپای

بوم‌شناختی نه‌تنها فشارهای انسان بر روی کره زمین را برآورد می‌کند، بلکه مقایسه میزان تقاضا از طبیعت و ظرفیت کره زمین در عرضه منبع‌ها و جذب مواد زائد را نیز امکان‌پذیر می‌سازد. بنا بر یک اصل بدیهی، حیات ما به طبیعت وابسته است و باید در حد ظرفیت حامل آن عمل کرد تا پایدار بماند. درروش جاپای بوم‌شناختی، برای همه فعالیت‌ها و ساخته‌های انسانی، معادلی در محیط طبیعی مولد در نظر گرفته می‌شود که بتواند به نحوی پایدار، منبع‌های موردنیاز را تأمین کند، ضایعه‌ها و آلاینده‌های آن‌ها را جذب و نیز نظام‌های حامی حیات را حفظ کند. روش تحلیلی جاپای بوم‌شناختی، با حفظ سرمایه طبیعی و برداشت از آن در حد توان بازتولید طبیعی و با آهنگی قابل جبران، ضرورت‌های برنامه‌ریزی برای پایداری سکونت‌گاه‌ها را نشان می‌دهد و باور دارد که برای سنجش پایداری بوم شناختی، استفاده از ابزارهای مالی و ارزش‌گذاری پولی منبع‌های طبیعی و کیفیت محیط‌زیست جوابگو نخواهد بود (Kitzes and Goldfinger, 2007). جاپای بوم‌شناختی، پیش‌درآمد و یکی از ابزارهای مهم و کارآمد در برنامه‌ریزی است که به تحقق پایداری کمک می‌کند. این مفهوم، در عین سادگی، دارای جامعیت رویارویی با محیط است. این روش، نه‌تنها در آگاه‌سازی و تصمیم‌گیری تأثیر بسزایی دارد، بلکه درنهایت، پایداری فعالیت‌های جاری انسان را نیز ارزیابی می‌کند. تحلیل جاپای بوم‌شناختی و کاربردهای گسترده آن همانند بسیاری روش‌ها و مدل-های تحلیلی دیگر دارای مزیت‌ها و معایبی است که در جدول زیر به‌اختصار به این موردها اشاره‌شده است (Holden *et al.*, 2005).

**جدول۲- مزیت‌ها و معایب تحلیل جاپای بوم‌شناختی**

**Table 2. Advantages and disadvantages of ecological field analysis**

| مزایا<br>Advantages | معایب<br>Disadvantages |
|---|---|
| EF شاخصی جمعی ارائه می‌دهد که هم ازنظر علمی قدرتمند بوده و هم شناخت و درک آن توسط افراد غیرمتخصص آسان است.<br>EF provides a collective indicator that is both powerful in science and easy to understand and understand by non-specialists. | روش جاپای بوم‌شناختی تنها شامل مصرف و ضایعاتی است که مستلزم نواحی زمین است.<br>The ecological footprint only involves consumption and waste that involves the earth's surface. |
| از این روش می‌توان برای سطوح مختلف مصرف (از یک فرد تا سطح یک کشور و حتی جمعیت جهان) استفاده نمود.<br>This method can be used for different levels of consumption (from one person to the level of a country and even the world's population) | مشکل‌آفرین‌ترین بعد و جنبه، ایده‌ی جمع‌بندی گروه‌های مختلف زمین در یک عدد واحد است.<br>The most problematic dimension and aspect is the idea of aggregating the various groups of land in a single number. |
| EF امکان ترکیب گروه‌های مختلف مصرف و نیز اثرات محیطی آن را در یک تحلیل واحد میسر می‌سازد.<br>EF makes it possible to combine different groups of consumption and its environmental effects into a single analysis. | این شاخص بیشتر روی مسائل کمی تأکید دارد و کمتر مسائل کیفی را در نظر می‌گیرد.<br>This indicator focuses more on quantitative issues and considers less qualitative issues. |
| ازآنجایی‌که این روش یک مقدار واحد ارائه می‌نماید؛ بنابراین قابلیت مقایسه-های کلی و جزئی را دارد.<br>Since this method provides a single value, it has the ability to have overall comparisons. | شاخص EF تغیر فناوری را نادیده می‌گیرد.<br>The EF index ignores technological change. |
| در این روش عدالت اجتماعی نیز مدنظر قرار می‌گیرد.<br>In this way, social justice is also taken into consideration. | این شاخص در سطح منطقه‌ای بیشتر مبتنی بر احتمالاتی است که اتفاق می‌افتد که قسمتی از آن ناشی از کمبود اطلاعات در سطح محلی و منطقه‌ای است.<br>The regional indicator is more likely to be based on probabilities, partly due to a lack of information at the local and regional level. |
| تحلیل جاپای بوم‌شناختی هم روش آموزشی بوده و هم انگیزه‌بخش است.<br>Ecological footprint analysis is both educational and motivational | |

مأخذ: Habibi *et al.*, 2012

## محدودهٔ موردمطالعه

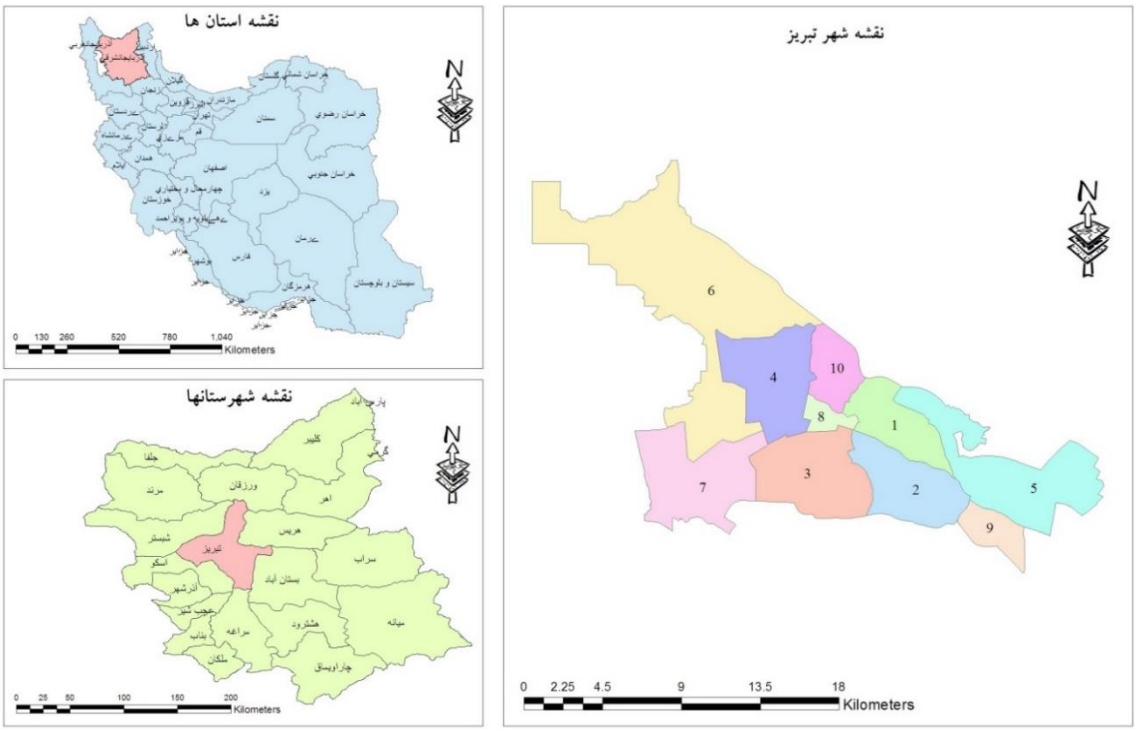
شهر تبریز با جمعیتی برابر با یک‌میلیون و پانصد هزار نفر به‌عنوان پنجمین کلان‌شهر کشور، مرکز استان آذربایجان شرقی است که وسعتی در حدود ۱۱۸۰۰ کیلومترمربع دارد. این شهر ده منطقه شهرداری دارد که بزرگ‌ترین آن ازلحاظ وسعت منطقه ۶ و کوچک‌ترین آن منطقه ۸ است. ازلحاظ جمعیتی نیز منطقه ۴ بیشترین جمعیت و منطقه نه کمترین جمعیت را دارد. این مسئله در حالی است که با توجه به افزایش روزافزون جمعیت در کلان‌شهر تبریز و تغییر سبک زندگی، ضرورت توجه و ارزیابی پایداری توسعه‌ی شهری در شهر تبریز با استفاده از روش جای پای اکولوژیکی را مطرح می‌سازد.

**جدول ۳- ویژگی‌های جمعیتی و مساحت منطقه‌های ده‌گانه شهر تبریز**

**Table 3. Demographic characteristics and area of the 10 regions of Tabriz city**

| منطقه Region | جمعیت (نفر) Population (people) | وسعت (هکتار) Size (hectare) |
|---|---|---|
| 1 | 211302 | 1546 |
| 2 | 171524 | 2095 |
| 3 | 274639 | 2798 |
| 4 | 320450 | 2550 |
| 5 | 92848 | 3229 |
| 6 | 97818 | 7196 |
| 7 | 128547 | 2882 |
| 8 | 34231 | 386 |
| 9 | 2001 | 762 |
| 10 | 200143 | 1050 |
| **جمع** | **1533500** | **24495** |

مأخذ: Naghshe Moheit Consulting Engineers, 2011




**شکل ۱- محدوده مورد مطالعه**

**Fig. 1- Study area**

## نتایج و بحث

روش جای پای اکولوژیکی بر این ایده استوار است که برای هر مورد از موارد مصرف انرژی و مواد، میزان معینی زمین در یک یا چند اکوسیستم موردنیاز است تا جریان‌های مصرف منبع‌ها را فراهم کند. ارزیابی جای پای اکولوژیکی از جمعیت تعریف شده با فضای استقرار و نیازهای مصرفی آن، یک روند چند مرحله‌ای است (Wackernagel and Ress, 1996). در مرحله‌ی نخست

برای محاسبه بر اساس آمارها و داده‌های موجود در سطح‌های ملّی، منطقه‌ای و محلی، میانگین مصرف سالانه‌ی اقلام موردنظر در حوزه‌های مصرفی مانند انرژی، حمل‌ونقل کالا و خدمات، مواد غذایی و مدیریت آلودگی برحسب مصرف کل و حجم جمعیت برآورد می‌شود. در مرحله دوم، سرانه‌ی مساحت زمین تصاحب شده برای تولید هر مورد از حوزه‌ها یا زیر حوزه‌های مصرفی تخمین زده می‌شود.

جای پای اکولوژیکی در واحد سطح اندازه‌گیری می‌شود. یک واحد سطح برابر است با یک هکتار فضای زیستی بارور، نسبت به میانگین جهانی بهره‌وری. زمین ازنظر بهره‌وری متفاوت است. بارورترین زمین‌ها برای کشت غلات و کم بارورترین آن‌ها برای مرتع‌ها و چرای دام مورداستفاده قرار می‌گیرند.

بدین ترتیب واحد سطح برابر است با حدود ۰/۳ هکتار از زمین‌های زراعی، نسبت به میانگین جهانی بهره‌وری، همین واحد برابر است با حدود ۰/۶ هکتار از زمین‌های جنگلی و ۲/۷ هکتار از میانگین زمین‌های مرتعی، یا ۱۶/۳ هکتار از دریا (ساحل)، بنابراین یک هکتار زمین کاملاً بارور، نشان‌دهنده‌ی میزان بیشتری از واحد سطح نسبت به همان میزان زمین نه‌چندان بارور است. مساحت تمام زمین‌ها برحسب ظرفیت آن‌ها برای تولید "زیست‌توده" سنجش می‌شود و دریا نیز برحسب تولید مواد پروتئینی برای مصرف انسان اندازه‌گیری می‌شود. روش "واحد سطح" مقیاس کاملی از جای پای اکولوژیکی منطقه‌ها و کشورهای مختلف را برحسب انواع کاربری زمین‌ها، زمین‌های ساخته‌شده، ظرفیت‌های زیستی و کمبودهای اکولوژیکی برآورد می‌کند (Gilman, 1996).

## مواد زائد

بر اساس داده‌های سازمان پسماند شهرداری تبریز، سرانه‌ی تولید زباله‌ی هر شهروند تبریزی حدود ۷۰۰ گرم در روز است (Waste Management Organization of Tabriz, 2015).

با توجه به این رقم می‌توان سرانه‌ی سالانه‌ی هر نفر و به تبع کل شهر را محاسبه کرد.

$$0/7 \times 365 = 255\text{kg}$$

سرانهٔ سالانه‌ی تولید زبالهٔ هر نفر تبریزی

$$1533500 \times 255 = 391042500\text{kg} \quad \Rightarrow$$

$$391042500 \div 1000 = 391042/5\text{ton}$$

در نتیجه می‌توان گفت میزان تولید زبالهٔ شهر تبریز، ۳۹۱۰۴۲/۵ تن است. با توجه به اینکه ۷۵ درصد از زباله‌های شهر تبریز را مواد آلی (پسماندهای آشپزخانه‌ای و باغچه‌ای) تشکیل می‌دهند و در هنگام دفن در حدود ۲۵ درصد از حجم اولیهٔ خود کاهش می‌یابد و در هر متر مکعب، با ۴۵۰ کیلوگرم به حجم ۰/۲ متر مکعب تبدیل خواهد شد، بنابراین حجم زباله بیش از دفن مساوی است با:

$$391042500 \div 450 = 868933.3\text{m}^3$$

حجم زباله با توجه به تغییرپذیری‌های فیزیکی در هنگام دفن مساوی است با:

$$868933.3 \times 0.25 = 217233.3\text{m}^3$$

به طور معمول دفن هر لایه از زباله به عمق حدود ۲ متر است. با توجه به این امر مساحت زمین مورد نیاز برای دفن زباله شهر تبریز برابر است با:

$$217233.3 \div 2 = 108616.6\text{m}^3 \quad \Rightarrow 108616.6 \div 10000 = 10.86\text{ hectare}$$

$$10.86 \div 1533500 = 0.000007\text{hectare}$$

بنابراین شهر تبریز برای دفن زباله به طور متوسط سالانه ۱۰/۸۶ هکتار زمین نیاز دارد.

**حمل و نقل**

در این بحث، مصرف گازوئیل و بنزین به عنوان سوخت‌های اصلی خودروها مبنای اصلی محاسبه‌ها بوده است. میزان مصرف خودروها از دو روش غیر مستقیم و مستقیم به دست می‌آید. در روش غیر مستقیم زمانی که آمار رسمی از مصرف سوخت وجود نداشته باشد با استفاده از تعداد سفرها (مورد) و نیز، تعداد مسافران جابه جا شده (نفر) در طول شبانه روز یا ماه یا سال، به وسیله‌ی انواع وسیله‌های مختلف شخصی و عمومی، مانند اتوبوس، مینی‌بوس و سواری‌ها و همچنین موتورسیکلت و اعمال ضرایب جابه جایی برای هر یک از وسیله‌های بیان شده قابل دستیابی است. اما در روش مستقیم با استفاده از آمار رسمی شرکت ملّی پخش و فرآورده‌های نفتی ایران، میزان سوخت انواع خودروها به دست می‌آید.

آمار مصرف سالانهٔ انواع سوخت‌ها از سوی شرکت ملّی پخش و فرآورده‌های نفتی ایران، هر ساله در مقیاس شهرستان بیان می‌شود. محاسبهٔ میزان مصرف شهر تبریز از طریق برقراری تناسب جمعیت شهر و شهرستان با کلّ مصرف اعلام شده، انجام گرفته است.

با توجه به محاسبه‌های انجام شده، میزان مصرف سرانه بنزین تبریز ۴۲۰ لیتر و مصرف نفت گاز نیز ۵۵۲ لیتر است. بنزین بدون سرب کما بیش برابر BTU۱۲۵۰۰۰ در هر گالن است که برابر با نرخ ۱۹/۳۵ تن کربن آزاد شده در هر بیلیون BTU است. سوخت گازوئیل نیز در گالن کما بیش BTU۱۳۸۷۰۰ تولید می-کند که در نهایت، ۱۹/۹۵ تن کربن در هر بیلیون BTU آزاد می‌کند(Faryadi and Samadpur, 2008).

بنابراین برای محاسبهٔ میزان زمین مورد نیاز برای تامین سرانهٔ مصرف بنزین و گازوئیل باید به صورت زیر عمل کرد:

گالن سرانه مصرف روزانه بنزین

$420 \div 3.7853 = 110.955$

$110.955 \text{ gallons} \times 125000 \text{ BTU/gallons}$
$= 13869442 \text{ BTU}$

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

$0.013869442 \text{billion} \times 19.35 \text{ tonnes carbon}$
$= 0.2683737027 \text{ tonnes carbon}$

$0.2683737027 \text{ tonnes carbon} \times 1 \text{ hectare}$
$\div 1.8 \text{ tonnes carbon}$
$= 0.14909650 \text{ hectare}$

در نتیجه برای محاسبه کلی جای پای شهر ضروری است که عدد ۰/۱۴۹۰۹۶۵۰ را در تعداد جمعیت شهر ضرب کنیم:

$0.14909650 \times 1533500 = 228639 \text{hectare}$

محاسبه جای پای گازوئیل

گالن سرانهٔ مصرف روزانهٔ گازوئیل

$552 \div 3.7853 = 145.827$

$145.827 \text{ gallons} \times 138700 \text{ BTU/gallon}$
$= 20226243.6 \text{ BTU}$

$0.0202262436 \text{ BTU} \times 19.9 \text{ tonnes carbon} =$
$0.40351355 \text{ tonnes carbon}$

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

$0.40351355 \text{tonnes carbon} \times 1 \text{ hectare}$
$\div 1.8 \text{ tonnes carbon}$
$= 0.22417419 \text{ hectare}$

برای محاسبه ی کلی جای پای شهر ضروری است که عدد ۰/۲۲۴۱۷۴۱۹ را در تعداد جمعیت شهر ضرب کنیم:

$0.22417419 \times 1533500 = 34377 \text{hectare}$

محاسبه کلی رد پای اکولوژیکی حمل و نقل با مجموع رد پای انواع سوخت‌ها به دست می‌آید.

$$0.14909650 \div 0.22417419$$
$$= 0.37327069 \text{ hectare}$$

بنابراین رد پای حمل و نقل ۰/۳۷ هکتار است. نکتهٔ گفتنی اینکه امروزه بخشی قابل توجهی از ناوگان حمل ونقل عمومی و حتّی وسائط نقلیهٔ شخصی شهر تبریز، به استفاده از گاز طبیعی به جای گازوئیل و بنزین روی آورده‌اند. به دلیل نبود تفکیک میزان مصرف خودروها و گاز مصرفی خانه‌ها و کارگاه‌ها از سوی شرکت ملّی پخش و فرآورده‌های نفتی ایران، جای پای اکولوژیکی ناشی از گرمایش گازهای طبیعی در بخشی جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است که بخشی از آن مربوط به بخش حمل ونقل است.

## گرمایش گازهای طبیعی

گاز طبیعی از دسته سوخت‌هایی است که تمایل جهانی برای مصرف آن روندی افزایشی داشته و به عنوان انرژی جایگزین و پاک مطرح است. کشور ایران با دارا بودن حدود ۱۵ درصد از کلّ ذخیره‌های جهان، دومین کشور جهان از حیث دارا بودن این منبع با ارزش پس از روسیه است (Sasanpour, 2008). در ایران نیز سرمایه-گذاری های قابل توجه‌ی در این زمینه انجام شده و گرایش به مصرف گاز طی سال‌های گذشته، روندی رو به رشد را نشان می‌دهد. میزان سرانهٔ مصرف سالانهٔ گاز طبیعی شهر تبریز در سال ۱۳۹۰ ، برابر ۲۸۸۰ متر مکعب برآورد شده است ( National Iranian Oil Products Distribution Company, 2011). برای محاسبهٔ زمین مورد نیاز برای جذب کربن تولید شدهٔ گازهای طبیعی به روش زیر عمل شده است:

نخست برای محاسبهٔ تعداد مول‌ها در فوت مکعب باید از قانون گازها استفاده کرد. این گونه که تعداد مول‌ها در فوت مکعب مساوی است با تقسیم حاصل ضرب فشار (اتمسفر) و حجم (فوت مکعب) بر حاصل ضرب ضریب ثابت R در درجه حرارت (کلوین) که در رابطه ی زیر نشان داده شده است:

$$N = P \times V / R \times T$$

گفتنی است که فشار گاز داخل لوله در منازل ۰/۲۵ psi است و از آنجایی که هر psi معادل ۱۴/۵ اتمسفر است. بنابراین می‌توانیم مقدار زیر را نتیجه‌گیری کنیم:

$$P = 0.25 \div 14.5 = 0.017ATM$$

تعداد مول در یک فوت مکعب

$$V = 1\text{cubic. foot} = 28.3L$$

ضریب ثابت

$$R = 0.08206 \text{ mole. K}$$

$$T = 60 \text{ degrees} = 15.55 \text{ centigrad} = 288.5 \text{ kelvin}$$

در نتیجه می توانیم بر اساس شاخص های معین شده به محاسبه ی تعداد مول ها در فوت مکعب بپردازیم:

$$N = (0.017) \times (28.3) \div (0.08206) \times (288.5) = 0.02$$

نتیجه می‌گیریم که در یک فوت مکعب ۰/۰۲ مول متان وجود دارد و با این نکته که جرم ملکولی متان ۱۶/۰۴۳ گرم در مول است، بنابراین:

$$16.043 \text{ g} \times 0.02 \text{ mole} = 0.32 \text{ gerams } CH_4$$

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

$$0.22 \text{ gerams carbon} \times 0.75 = 0.24 \text{ germs carbon}$$

با توجه به تبدیل واحدها، هر فوت مکعب برابر۰/۰۲۸۳۲ متر مکعب و از سوی دیگر، یک متر مکعب نیز ۳۵/۳۱۴ فوت مکعب است، می توان برای محاسبهٔ کربن، میزان مصرف گاز طبیعی شهر تبریز را به فوت مکعب تبدیل کرد:

$$2880 \times 35.314 = 101704.32 \text{ cubic. gas}$$

$$101704.32 \times 0.24 =$$

$$24409.0368 \text{ gerams carbon}$$

$$24409.0368.10^6 = 0.02440903 \text{ ton}$$

با توجه به قانون ۱ هکتار به ازای هر ۱/۸ تن کربن داریم:

$$0/02440903 \div 1/8 = 0/01356057 \text{hectar}$$

می‌توان گفت که زمین مورد نیاز برای جذب کربن ناشی از مصرف گاز طبیعی هر شهروند تبریز، ۱۳۵ متر مربع است و برای کل شهر نیز، این جای پا حدود ۲۰۷۹۵ هکتار است.

## نیروی الکتریسیته

میزان برق مصرفی شهر تبریز حدود ۹۹۸۸۷۴۳۵۶ کیلووات ساعت می‌باشد (Statistical Yearbook of East Azarbayjan Province, 2011).

برای تعیین میزان کیلو ژول مصرفی باید از روش تبدیل واحدهای اندازه گیری، مشخّص شود که در یک میزان معین کیلو وات ساعت مصرفی چند کیلو ژول وجود دارد. میزان مورد نظر بر مبنای رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$1\text{kwh} = 1 \times (1000\text{w}) \times (3600\text{s})$$

$$= 3.6 \times 10^6 \text{w s} = 3.6 \times 10^6 \text{j}$$

$$(998874356)\text{kwh} \times 3.6 \times 10^6 \text{j} = 35959476\text{kj}$$

از این رو می‌توان میزان زغال سنگی که برای تولید میزان کیلو ژول محاسبه شده، از رابطهٔ زیر محاسبه کرد:

$$35959476\text{kj} \times 1\text{germ} \div 20 \text{ kj} =$$

$$1797973 \text{ germ}$$

حال با درنظر داشتن این نکته که گیاهان حدود ۳۱/۴ درصد بازدهی تولید زغال سنگ دارند:

$$1797973 \text{ germ} \div 0.314 = 5726031 \text{ germs}$$

با پذیرش اینکه در زغال سنگ ۸۵ درصد کربن وجود دارد، به محاسبهٔ میزان کربن در آن می‌پردازیم:

$$5726031 \text{ geram} \times 0.85 = 486712 \text{ tone carbon}$$

در نتیجه با توجه به این نکته که هر هکتار زمین، حدود ۱/۸ تن کربن جذب می‌کند:

$$4867125 \div 1.8 = 270395 \text{ hectare}$$

در نتیجه، جای پای اکولوژیکی هر یک از شهروندان تبریزی از نیروی الکتریسیته ۰/۱۷ هکتار است.

## آب

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته برای هر ۰/۰۸ هکتار زمین یک میلیون لیتر آب مورد نیاز است(صمدپور، ۱۳۸۵: ۳۶). از آنجایی که مصرف آب شهر تبریز در سال ۱۳۹۰ حدود ۴۰۰۸۶۰هزار متر مکعب بوده است (East Azarbayjan Water and Wastewater Company, 2011).

$$400860000000\text{litre} \times 0.08\text{hectare} \div 1000000$$

$$= 32068 \text{ hectare}$$

جای پای مصرف آب شهر تبریز (به هکتار)

$$32068 \div 1533500 = 0.020$$

**غذا**

برای برآورد میزان مصرف مواد غذایی شهر تبریز از طریق پرسشنامه اقدام شده است. پرسشنامه‌ها در محلّه-های مختلف از لحاظ برخورداری و محرومیت اقتصادی، توسط افراد آموزش دیده در محلّه‌های تبریز تکمیل شده است . در بخش مصرف غذایی، مصرف سالانه از مجموع مقادیر غذایی و میزان ضایعه‌ها به دست می‌آید:

مصرف سالانه =Efood+Ewast

بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از طریق پرسشنامه، مقدار کلّ مصرف مواد غذایی شهر تبریز ۹۸۶۷۸۵/۹ تن بوده است. از طرفی، بر اساس آمارهای وزارت جهاد کشاورزی حدود ۱۰ درصد از کل تولیدهای محصول‌های کشاورزی به ضایعه‌ها به پیش از مصرف اختصاص دارد و بر این اساس می‌توان گفت میزان ضایعه‌ها ۹۸۶۷۸/۵۹ تن بوده است.

$$986785.9 \div 98678.59 = 1085464.49 \text{ tons}$$

به منظور برآورد زمین‌های مورد نیاز برای تولید این میزان مصرف، از تناسب سطح‌های زیر کاشت و میزان تولید محصول‌های سالانهٔ بهره برداری‌های کشاورزی استان آذربایجان شرقی بر اساس آمار سرشماری عمومی کشاورزی، استفاده شده است. مجموع سطح‌های زیر کشت محصول‌های استان ۷۵۹۹۶۵ هکتار و میزان تولید محصول‌های سالانه ۲۹۴۷۹۵۸ تن بوده است. بر این اساس:

$$2947958 \div 759965 = 3.87 \text{ hectare}$$

بدین معنا که به طور متوسط ۳/۸۷ هکتار زمین برای تولید یک تن محصول کشاورزی در استان آذربایجان شرقی نیاز است (Statistical Yearbook of East Azarbayjan Province, 2011).

بنابراین می‌توان میزان زمین تأمین کنندهٔ میزان مصرف مواد غذایی شهر تبریز را تعیین کرد:

$$1085464.49 \times 3.87 = 4200747.576 \text{ hectare}$$

جای پای مواد غذایی شهر تبریز

$$4200747/576 \div 1533500 = 2/73 \text{ hectare}$$

با توجه به جمعیت ۱۵۳۳۵۰۰ نفری ساکن در منطقه‌های ده گانهٔ شهری تبریز و وسعت ۲۴۴۹۵ هزار هکتاری آن در سال ۱۳۹۰، به طور متوسط به هر یک از ساکنان آن ۰/۰۱۵ هکتار زمین اختصاص می‌یابد. بنابراین ملاحظه می‌شود که مصرف زمین ساکنان شهر تبریز چندین برابر بیش از مساحت اشغالی کنونی شهر است و حتّی چنانچه آن را با مجموع سطح‌های زیر کشت استان که برابر۷۵۹۹۶۵ هکتار است مقایسه کنیم، ۶/۴۰ آن خواهد بود. به این ترتیب برای تأمین نیازهای مصرفی ساکنان شهر تبریز، به فضایی بیش از دو برابر مساحت استان نیاز است. به سخنی دیگر، سامانه‌های زیستی که برای حمایت از شهر تبریز لازم است، محدوده‌ای بسیار فراتر از محدودهٔ سیاسی یا جغرافیایی را در بر می‌گیرد (جدول شماره ۴).

**جدول ۴- رد پای اکولوژیک شهر تبریز به تفکیک عنصرها و مواد مصرفی**

**Table 4. The ecological footprint values of Tabriz for both elements and consumables**

| رد پای اکولوژیک (هکتار / نفر) Ecological Footprint (Hectare / person) | رد پای اکولوژیک (هکتار) Ecological Footprint(Hectare) | اجزا Components |
|---|---|---|
| 0.0000007 | 10/86 | مواد زائد waste materials |
| 0.3732 | 343771 | حمل‌ونقل Transportation |
| 0.17 | 270395 | الکتریسیته Electricity |
| 0.0135 | 20795 | گرمایش گازهای طبیعی Natural gas heating |
| 0.020 | 32068 | آب Water |
| 2.73 | 4200747/567 | غذا Food |
| 3.30 | 4867787 | جمع Sum |

مأخذ: مطالعات نگارندگان، ۱۳۹۴

## نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه محیط‌زیست طبیعی و انسانی تنها قلمرو و عرصه موجود برای تحقق هدف‌های توسعه است، بنابراین، نیازمند توجه و حفاظت جدی از این محیط برای پایدار ساختن توسعه هر کشور، منطقه و محل است. در کشور ما با توجه به شرایط خاص جغرافیایی و محیطی، سرانه منبع‌های بوم‌شناختی هر نفر (۲/۴ در هکتار) کمتر از سرانه جهانی (۲/۲ نفر در هکتار) است. درصورتی‌که ظرفیت زیستی ایران ۰/۸ و ظرفیت جهانی ۱/۸ هکتار برای هر فرد است. بنابراین، برای به پایدار رسانیدن مصرف منبع‌های طبیعی و بوم‌شناختی در دسترس کشور، با توجه به مصرف ناپایدار منبع‌های بوم‌شناختی نیازمند سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های صحیح و متعادل در عرصه محیط زیستی هستیم.

در این مقاله تلاش شده است با استفاده از روش جای پای اکولوژیکی، ناپایداری محیط‌زیست شهری در شهر تبریز مورد ارزیابی قرار گیرد. پیش‌فرض اصلی این بررسی بر این پایه است که شهر تبریز توان لازم و کافی فضای بوم‌شناسی برای تأمین نیازهای ساکنان خویش را ندارد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که جای پای اکولوژیکی شهر تبریز در گروه‌های مصرفی مواد غذایی، حمل‌ونقل، گرمایش گازهای طبیعی، آب، برق و زمین موردنیاز برای دفع مواد زائد ۳/۳۰ بوده است. گرچه این موارد فهرست کاملی از مصرف‌های شهر نیست، ولی مقایسه آن با فضاهای اشغال‌شده شهر و حتّی فضاهای پشتیبان آن، مانند شهرستان و همچنین استان، بیانگر این است که شهر تبریز برای برآوردن نیازهای زیستی و پایداری خویش، متّکی به منطقه‌ای فراتر از استان آذربایجان شرقی است. مقایسه یافته‌های این پژوهش با نتایج پژوهش‌های مشابه پیشین، بیانگر نکته‌های قابل‌توجهی است. بر اساس بررسی‌ها SasanPour, 2006 در دانشگاه تبریز، جای پای اکولوژیکی کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۸۵ حدود ۳/۴۶ هکتار محاسبه شده است. در این تحقیق نیز بررسی مواد غذایی بیشترین سهم از جای پای را به خود اختصاص داده است و حدود۲/۹۸ هکتار برآورد شده است. ازآنجاکه گروه‌های مصرفی برای محاسبه جای پای اکولوژیکی این دو شهر مشابه یکدیگر نیستند، شاید مقایسه کلی جای پای آن‌ها نیز تا حدودی بی‌معنا به نظر برسد. اما مقایسه تک‌تک موارد مانند، حمل‌ونقل و مواد غذایی که در هر دو شهر یکسان است، بیانگر این نکته اساسی است که الگوی مصرف تا حدود زیادی به هم شبیه است. همگام با این نتایج، این پژوهش نیز نشان می‌دهد که میزان بالای جای پای اکولوژیکی مربوط به مصرف مواد غذایی شهر تبریز، مربوط به سهم مواد غذایی با ۲/۷۳ هکتار و دیگر موارد مصرفی که در این پژوهش محاسبه شده است، به‌مراتب سهمی کمتر از مواد غذایی دارند. کمترین میزان مربوط به زمین موردنیاز برای دفع زباله است که حدود ۰/۰۰۰۰۰۰۰۷ هکتار یا ۰/۰۷ مترمربع بوده است. ازآنجاکه ظرفیت زیستی ایران ۰/۸ هکتار است، جای پای اکولوژیکی ۳/۳۰ هکتاری شهر تبریز بدان معناست که ۲/۵۰ برابر بیش از ظرفیت زیستی قابل‌تحمل کشور را به خود اختصاص داده است. بنابراین چنانچه در آینده روند کنونی مصرف همچنان بدین طریق ادامه یابد، محیط طبیعی دیگر توان تأمین نیازهای جمعیت را نداشته و منطقه پشتیبان بزرگ‌تری را برای تدارک این نیازها لازم خواهد داشت. تحلیل محیط زیستی ما بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش این است که ادامه روند کنونی توسعه، موجب کاهش فرصت-های زندگی برای نسل‌های آینده خواهد شد. همچنین با توجه به یافته‌های پژوهش اصول پایداری زیر منتج می‌شود: حفظ زمین‌های کشاورزی و باارزش منبع‌های طبیعی، ممنوعیت هرگونه توسعه روی زمین‌های آبخیز و حریم رودخانه‌ها، کاهش مصرف منبع‌ها و تولید آلودگی در شهر، کاهش مواد زائد جامد، وضع مقررات انرژی برای ساختمان‌ها، ترویج استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، بازیافت زباله و تعیین استانداردهای پاکیزگی برای سوخت

فسیل‌ها. روش‌ها و راهبردهایی که در این تحقیق به کار گرفته شده و نتایجی که به‌دست‌آمده‌اند، می‌توانند در خصوص پژوهش‌های دیگر در هر گوشه‌ای از جهان، به‌ویژه در زمینه حوزه علمی محیط زیستی و جغرافیایی به کار گرفته شوند.

با توجه نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش، در راستای کاهش جای پای منطقه و رسیدن به پایداری پیشنهادهای زیر بیان می‌شود:

آموزش و اطلاع‌رسانی در مورد تاثیر بالا بودن جای پای اکولوژیک (ناپایداری در منطقه).

اعمال سیاست‌هایی در زمینه برداشت بهینه از منبع‌ها با جایگزینی منبع‌های برداشت شده با منبع‌های جدید.

ارتقای فرهنگ مصرف صحیح و کاهش تولید پسماند و حتی تولید.

اجرای برنامه‌هایی در راستای افزایش بازدهی در زمین‌های کشاورزی (مانند آموزش کشاورزان برای پذیرش تغییر سبک کشاورزی).

کنترل تاثیر محیط زیستی ناشی از ورود گردشگران به منطقه.

استفاده از ارزش‌های بومی منطقه در حفظ پایداری و گسترش پایدار.

بررسی و کنترل پیامدهای منفی کارخانه‌های منطقه.

## پی‌نوشت‌ها

[1] Ecological Footprint

## منابع


Ahmadi, M., 2008. Encyclopedia of Urban and Rural Management. Tehran: Publications of the Municipal Organization.

Azar, A. and, Momeni, M., 2006. Statistics and Application in Management , samt press. Tehran.

Badri, A., 1997. Sustainable Development, Concept. Value and Practice, Quarterly Journal of Geographic Research. 44, 45-60.

Barret, J.N., Charret, B. and Birch, R., 1999. Exploring the application of the ecological footprint to sustainable consumption policy. University of York, Stockholm Environment Institute.

Dhanju, A., 2008. An analysis of Thethe ecological footprint mapping by urban areas as a sustainable development indicator. Master, Thesis. University of Delaware, USA.

Druckman, A. and, Jackson, T., 2009. The carbon footprint of UK households 1990–2004: A socio-economically disaggregated,quasi-multi-regional input–output model. EcologicalEconomics. 68, 2066-2077.

East Azarbayjan Water and Wastewater Company, 2011. performance report of Urban Water and Wastewater Company of East Azarbaijan province.

Ecotec-uk., 2001. Ecological Footprint. Editor: George Graham. European parliament.

Fan. Y., 2009. Analyzing impact factors of CO2 emissions using the STIRPAT model, Environmental Impact Assessment Review. 26, 377-395.

Farjam, R., 2006. Indicators for sustainable urban development and planning of sustainable cities fars. Management and Planning Organization of

Fars Province.

Faryadi, S., and Samadpur, P., 2008. Determining the Ecological Footprint in Highly Surrounded Urban Areas. A Case Study of Ellahieh Tehran, Journal of Environmental Studies. University of Tehran. 45, 63-72.

Gilman, R., 1996. Sustainability, Fram.:http://www.context.org.

Habibi, K., Rahimi, A. and, Hamedi, M., 2012. Evaluating the Ecological Path of Urban Transport Vehicles with a New Approach for Sustainable Transportation Planning Case Study: Urmia. Journal of Geographic Space. 5, 25-39.

Hamideh, S. and , MohammadPour, N., 2007. Stability in the cities, from the days of yesterday to today. seven cities. 21, 26-40.

Haughton, G. and , Hunter, C., 2005. Sustainable Cities. Published in the Taylor & Francis e-Library.

Hilden, M., 1997. Guidelines for Environmental Impact Assessment (EIA) in the Arctic, Finnish Ministry of the Environment.

Holden, E., Hoyer, K. and, Georg, A., 2005. The ecological FootPrints of Fuels, Transportation Research Part D. 10, 395-403.

HosseinzadehDelir, K., 2006. Regional Planning. Fifth Edition, Tehran: Samt Publishing.

JoomehPour, M., Hataminejad, H. and, Shahanaaz, S., 2013. A Study of the Status of Sustainable Development in Rasht by Using the Ecological Footprint Method, Journal of Human Geography Research. 45, 191-208.

Kazemi, M. and, Mohammadi, M., 2001. Urban sustainable development, concepts and views. Geographical Survey Quarterly. 62, 96-111.

Kissinger, M., Fix, J. and, Rees, W.E., 2007. Wood and Non-wood Pulp production comparative ecological foot printing on the Canadian prairies. Ecological Economics. 62, 552–558.

Kitzes, J. and, Goldfinger , S., 2006. Measuring Marin County's Ecological Footprint. County of Marin Community Development Agency.

Li., X., 2010. Urban total ecological footprint forecasting by using radial basisfunction neural network: A case study of Wuhan City, China. Ecological Indicators. 10, 241-248.

MacDonald, G. and, Patterson. M., 2004. Ecological footprints and interdependencies of New Zealand regions. Ecological Economics. 50, 49-67.

Meadows, D., 1998. Indicators and Information Systems for Sustainable Development. A report to the Balaton Group. The Sustainability Institute, Hartland Four Corners. U.S.A.

Movahed, A., 2000. Sustainable urban development., Journal of Housing and Revolution. 90, 49-59.

Naghshe Moheit Consulting Engineers, 2011. Tabriz comprehensive plan.

National Iranian Oil Products Distribution Company, 2011. National Iranian Oil Company at a glance.

Palmer, J. A., 2003. Environmental Education in the 21st Century, Translation: Ali Mohamed Khorshiddost. Samt Publication, Tehran.

Redefining Progress., 2003. Accelerating Sustainability with Local Footprints, Sustainability Program Ecological Footprint Accounts.

www.rprogress.org.

RIVM/UNEP., 1997. The Future of the Global Environment: A Model-based Analysis Supporting UNEP's First Global Environmental Outlook.

SasanPour, F., 2006. Investigating the Sustainability of Tehran Metropolis Using the Method of Ecological Footprint, Ph.D. in Geography and Urban Planning, Tabriz, Tabriz University.

Shi'a, I., 2008. Encyclopedia of urban and rural management. Tehran: Publications of the Municipal Organization.

Sophlaie, F., 2004. Sustainable Architecture Reviews and Experiences, Magazine Abadi, City Research and Development Center. Ministry of Rural Rehabilitation and Development, Ministry of Housing and Urban Development. 7, 56-76.

Taghizadeh, F., 2008. Encyclopedia of Urban and Rural Management. Tehran: Publications of the Municipal Organization.

VanVuuren, D. P. and, Smeets, E. M. W., 2000. Ecological footprints of Benin, Bhutan. Costa Rica and the Netherlands. Ecological Economics. 34, 115–130.

Wackernagel, M. and, Rees, W., 1996. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers.

Wada, Y., 1994. Biophysical data for ecological footprint analysis. Journal of PeriAnesthesia Nursing. 19(1), 46-7.

Waste Management Organization of Tabriz, 2015. Comprehensive waste management plan of Tabriz municipality

Wilson, J., and Anielski, M., 2010. Ecological Footprints of Canadian Municipalities and Regions. Journal Of Information Technology Education. 6,1-21.

Xing, Y., 2010. A framework model for assessing sustainability impacts of urban development, Accounting Forum. 33, 209–224.

Dhanju, A., 2008. An analysis of Thethe ecological footprint mapping by urban areas as a sustainable development indicator. Master, Thesis. University of Delaware, USA.

Environmental Sciences Vol.16 / No.3 / Autumn 2018

**25-44**

# Ecological footprint, a road to the sustainability of cities (Case study: Tabriz city)

**Lotfali Kozhegar Collegi,[1*] Arman Moslemi,[1] Mohammad Moradi,[2] Hossein Rafie Mehr[1] and Abbas Amini Zadeh[1]**

[1] Department of Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

[2] Department of Urban and Regional Planning, College of Fine Arts, Tehran University, Tehran, Iran

**Received:** 2016.12.28 **Accepted:** 2018.10.27

**Kozhegar Collegi, L., Moslemi, A., Moradi, M., Rafie Mehr, H. and Amini Zadeh, A., 2018.** Ecological footprint, a road to the sustainability of cities (Case study: Tabriz city). Environmental Sciences. 16 (3),25-44.

**Introduction:** The concept of sustainable development is expanding internationally, and therefore scientists have provided several quantitative and qualitative models for measuring the sustainable development of communities and cities. One of these tools, which attracts more attention in the scientific, political and educational levels, is the assessment of ecological footprint. According to this method, the development is considered unsustainable, when the ecological footprint is higher than the biomass of the region. The ecological footprint approach has been used to measure the sustainability of major cities around the world, such as London, Liverpool, and Paris. The aim of this research is to measure the stability of Tabriz city using the ecological footprint method.

**Material and methods:** In this research, descriptive-analytical and quantitative methods were used. The data of this research are mainly quantitative. The population under study included all households living in Tabriz. All data were obtained either from documents (e.g., library and electronic databases) or during field works. In this study, cluster random sampling method was used. The city of Tabriz was categorized into 10 regions based on municipalities and from each region several blocks were selected by sortition. A syncretistic ecological footprint method (a combination of inductive and deductive methods) was used to calculate the ecological footprint in the urban areas. The data necessary for initial analyses were obtained using the country's statistical data. These include energy consumption, forestry, and its utility.

**Results and discussion:** To determine the ecological footprint of Tabriz, data from food, carbon dioxide emissions from transportation, heating from natural gas, water, electricity, and the amount of waste was used. The results show that the city of Tabriz requires an average of 10.86 trillion hectares of land per year for landfill. The required area to absorb the carbon derived from the consumption of the natural gas for each citizen and the whole population is 135 square meters and 20,795 hectares, respectively. The electric power footprint

[*] Corresponding Author. *E-mail Address*: l_kozegar@mail.sbu.ac.ir

of each citizen of Tabriz is 0.17 hectares. Finally, the water consumption footprint of Tabriz city is 0.020 hectares.

**Conclusion:** The results of this study indicate that the ecological footprints of Tabriz city in categories such as food products, transportation, heating from natural gases, water, electricity, and the land needed for waste disposal were 3.30 hectares. Our results suggest that the city of Tabriz relies on a region beyond East Azarbaijan Province to meet its biological needs and sustainability. The amount of consumables in Tabriz shows that food with 2.73 hectares has the highest share compared to other factors. The lowest amount of area needed for waste disposal was 0.77 square meters per person. Since Iran's biocapacity is 0.8 hectares, the ecological footprint of 3.30 hectares in Tabriz city indicates that the city allocated 125.4 times more than its share of the country's biological capacity to itself.

**Keywords:** Ecological footprint, Urban development, Biological capacity, Tabriz.