آمایش سرزمین
دورهٔ هفتم، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۴
صفحات ۲۷۵ – ۲۵۵

Print ISSN: 2008-7047
Online ISSN: 2423-6268
http://jtcp.ut.ac.ir

سنجش کیفیت محیط زیست شهری با به‌کارگیری مدل شاخص ترکیبی (مورد مطالعه: کلان‌شهر تهران)

مریم رباطی *

استادیار، دانشکدهٔ محیط زیست و انرژی، دانشگاه علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۲۵)

چکیده

نگرانی‌هایی از مناسب‌نبودن کیفیت محیط زیست اغلب شهرهای ایران وجود دارد. در این پژوهش شاخص‌های بهینهٔ محیط زیست شهری در کلان‌شهر تهران شناسایی، و ضریب اهمیت هر یک از عوامل کمّی‌سازی‌شده و تأثیر مهم‌ترین معیارهای منتخب در ارزشیابی کیفیت محیط زیست شهری مطالعه شده است. این تحقیق از نوع توصیفی- تحلیلی مبتنی بر مطالعات میدانی و مدل‌سازی است. شاخص‌ها و پارامترهای مهم با به‌کارگیری روش AHP گروهی و نرم‌افزار EC شناسایی و اولویت‌بندی شد. سپس، با توجه به معیارهای بومی و شرایط کلان‌شهر تهران، ارزیابی کمی و کیفی محیط زیست شهری با فن تحلیل عاملی در نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. نتایج نشان داد مناطق شهری ۲، ۱ و ۳ با امتیازهای ۳٫۸۶، ۳٫۸۰ و ۳٫۶۵، بالاترین رتبه‌ها و مناطق ۱۰، ۱۷ و ۹ با امتیازهای ۰٫۰۹، ۰٫۰۴ و ۰٫۰۱ کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به نتایج، مناطق تهران از نظر شرایط زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در شرایط ناهمگون و ناموزونی قرار دارند.

کلیدواژگان

شاخص‌سازی، کلان‌شهر تهران، کیفیت محیط زیست شهری، مدل شاخص‌های ترکیبی.

* رایانامهٔ نویسنده: m.robati@srbiau.ac.ir

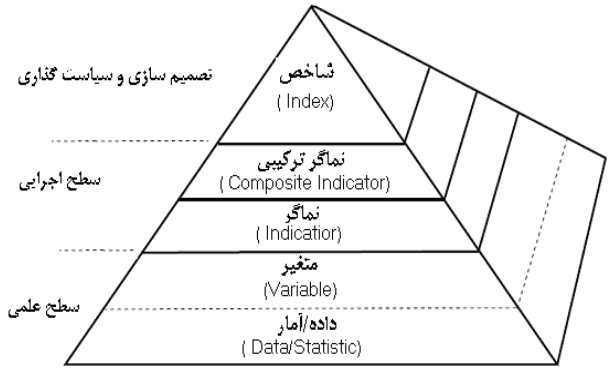
مقدمه و بیان مسئله

توسعه و گسترش شهرنشینی و روند افزایش جمعیت شهری، استفادهٔ بهینه از منابع، حفظ محیط زیست و جلوگیری از آلودگی‌ها و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را بااهمیت‌تر کرده است. به همین دلیل، در اکثر شهرهای جهان رویکرد و استراتژی‌های توسعهٔ پایدار شهری از مباحث مهم و از اولویت‌های نخست برنامه‌ریزی محسوب می‌شود (Atkinson et al., 1999, p.178). با توجه به اینکه شهرها نظام و واحدی اکولوژیکند، رابطهٔ دقیق انسان و محیط را در خود نهفته دارند (Boone & Modarres, 2006, p.20). در یک شهر مطلوب رابطهٔ میان شهر و انسان باید طوری باشد که هیچ یک مقهور دیگری نباشد. همچنین، شهرها بستر جغرافیایی زندگی را در بخش عظیمی از جهان فراهم کرده‌اند، و به دلیل افزایش رشد جمعیت و مهاجرت به شهرها، روزبه‌روز بر تعداد این جمعیت اضافه می‌شود (Bartelmus, 2008, p.12). بر اساس آمار سازمان ملل، در سال ۲۰۳۰ بیش از ٦۰ درصد مردم جهان در مناطق شهری زندگی خواهند کرد. با اینکه شهرها فقط ۲ درصد مساحت کرهٔ زمین را به خود اختصاص داده‌اند، بیش از نیمی از جمعیت جهان را در خود جای داده‌اند (Mega & Pedersen, 1998, p.100; Aminzadeh & Khansefid, 2010, p.12). بسیاری از مناطق شهر تهران از نظر وضعیت زیست‌محیطی در شرایط بحرانی قرار دارند (Seifollahi & Faryadi, 2011, p.34). بر اساس مطالعات مؤسسهٔ منابع انسانی مرکر در سال ۲۰۰۷، از دیدگاه کیفیت محیط زیست شهری از بین ۲۷۷ شهر بزرگ دنیا، تهران در رتبهٔ ۱۷۷ قرار داشت (MHRC, 2007). برای دستیابی به کیفیت مطلوب و استاندارد در محیط زیست تهران به مطالعه و برنامه‌ریزی ویژه نیاز است. با توجه به این مشکلات، انتخاب معیارهایی برای ارزشیابی کیفیت محیط زیست شهری الزامی است. شاخص‌های محیط زیست شهری شاخص‌هایی‌اند که در هر منطقهٔ شهری با توجه به شرایط زیست‌محیطی در بخش‌های (آب، خاک، هوا، انرژی، حمل‌ونقل و پسماند) تعیین می‌شوند (Leitmann, 1994, p.4) و ابزاری‌هایی برای ارزشیابی کیفیت محیط زیست در شهرها محسوب می‌شوند (Einsedel, 2010, p.18). بنابراین، مدیران، کارشناسان و برنامه‌ریزان را قادر می‌کنند با شناسایی وضع موجود، نقاط ضعف و قوت، قابلیت‌ها و پتانسیل‌ها،

در رفع نیازهای حال و برنامه‌ریزی برای آینده، اقدامات لازم را طراحی و اجرا کنند (OECD, 2000, p.1). محیط زیست شهری مجموعه‌ای متشکل از زیرمجموعه‌های گوناگون طبیعی-انسان‌ساخت و جوامع انسانی است که روابط متقابل با یکدیگر و محیط پیرامونی دارند. بنابراین، به‌کارگیری روش‌های علمی برای شناخت این روابط پیچیده و مشکل امکان‌پذیر است. لذا تعیین شاخص‌ها به منظور ارزیابی کیفیت وضعیت محیط زیست شهری مهم‌ترین و اولین گام در راستای تعیین کیفیت محیط زیست شهری محسوب می‌شود (UN Habitat, 2009, p.34). تمرکز اصلی این پژوهش بر شناخت متغیرها و شاخص‌های اثرگذار در کیفیت محیط زیست شهری و کشف روابط بین متغیرها از طریق روابط و مدل‌های کمی است که می‌تواند به عنوان الگویی برای دیگر کلان‌شهرها به‌کار گرفته شود. با ارزیابی کمی و کیفی محیط زیست تهران می‌توان به این پرسش پاسخ داد که آیا شهر تهران از نظر مجموع عوامل تشکیل‌دهندهٔ محیط زیست شهری تهران واجد کیفیت استاندارد است یا خیر؟

پیشینهٔ تحقیق

واژهٔ شاخص (Indicator) مفهوم یا عددی است که اندازه کمیت معینی را مشخص می‌کند. در واقع، شاخص‌ها عامل ارتباط بین داده و خط‌مشی می‌باشند. در شکل ۱ روابط بین داده‌ها، آمار و شاخص‌ها نمایش داده شده است.



شکل ۱. مثلث داده‌ها (Westfall et al., 2006, p.13)

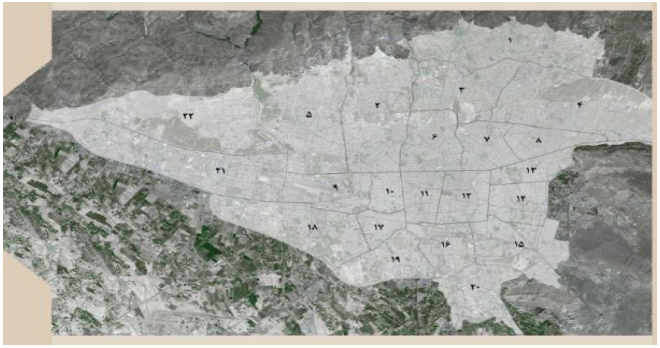
در سطح پایین مثلث داده‌های خام قرار دارند. در سطح بعد آمارها که اغلب به صورت جدول، یا سایر قالب‌های سازماندهی‌شدهٔ داده‌ها هستند. در سطح بعد شاخص‌هایی قرار دارند کـه معمـولاً به صورت اعداد منفردند و امکان مقایسه را فراهم می‌کنند و اهداف خط‌مشی با به‌کـارگیری آن‌هـا قابل ارزیابی است. در بالاترین سطح، نمایه‌ها قرار دارند که ترکیبی از شاخص‌های سطح قبلـی‌انـد (Westfall et al., 2006, p.13). در زمینهٔ بررسـی شـاخص‌هـای محیط زیسـت شـهری، مطالعـات مختلفی انجام گرفتـه اسـت. لینگ[1] و همکاران (۲۰۰۱) در مقالهٔ «ارزیابی سریع پایداری در چـین» شاخص‌های محیط زیست شهری را در چهار لایه و ۲۸ شاخص بررسی کردند. در تحقیقی کـه در سال‌های ۲۰۰۱– ۲۰۰٦ با عنوان «شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی در مناطق شهری» در کشـور ایتالیا انجام گرفت، شاخص‌ها در هفت گروه اصلی (هوا، انرژی، فضای سبز، صدا، حمل‌ونقل، آب و مواد زائد) انتخاب شده و با بـه‌کـارگیری شـبکهٔ DPSIR وضـعیت بررسـی شـد (Estat, 2001, p.115). یونـگ و هوانـگ (۲۰۰۷) در مقالـه‌ای بـا عنـوان «شـاخص‌هـای پایـداری بـرای تایپـه»، شاخص‌های پایداری را ابزاری مؤثر برای تعیین اینکـه یـک شـهر در جهـت توسـعهٔ پایـدار گـام برمی‌دارد یا خیر، می‌داننـد (Yung & Huang, 2007, p.103). فنـگ لـی و همکـارانش (۲۰۰۹) در مقالهٔ «شاخص‌های قابل اندازه‌گیری و رویکرد ارزیابی برای سنجش توسعهٔ پایدار شـهری، مطالعـهٔ موردی شهر جینیگ در چین»، ۵۲ معرف توسعهٔ شهری پایدار را به‌کار مـی‌گیـرد. ایـن معـرف‌هـا نشان‌دهندهٔ رشد و بهره‌وری اقتصادی، ساخت اکولوژیکی و زیربنایی، حفاظت از محیط زیسـت و رشد اجتماعی و رفاهی است. محققان تحلیل رادار را برای ارزیابی ظرفیت توسـعهٔ پایـدار شـهری طی زمان‌های مختلف به‌کار گرفته‌اند. در نهایت، در تحلیل‌های خود به این نتیجه می‌رسند که رشد و توسعهٔ شهر جینیگ سطح پـایین پایـداری را نشـان مـی‌دهـد (Li et al., 2009, p.74). در ایـران تحقیقی که به‌طور مستقیم در زمینهٔ ارزیابی کیفیت زیست‌محیطی شهرها بـا شـاخص‌هـای ترکیبـی باشد، انجام نگرفته است، اما مقایسهٔ نتایج پژوهش‌هایی کـه در حـوزهٔ بررسـی میـزان پایـداری در

1. Ling

محیط شهری انجام گرفته است، به این شرح است: در تحقیق طبیبیان و فریادی (۱۳۸۰)، با عنوان «ارزیابی کیفیت محیط زیست شهر تهران» با به‌کارگیری یک مدل ریاضی شاخص‌ها را در چهار گروه اصلی تعیین کرده‌اند، که عبارت‌اند از ۱. نیازهای اساسی؛ ۲. نیازهای اقتصادی و اجتماعی؛ ۳. نیازهای فرهنگی و تفریحی؛ ٤. نیازهای محیطی. سپس، با مدل ریاضی، کیفیت شهر تهران در سال ۱۳۷۵ معادل ۵۳٫۳ گزارش کرده‌اند (طبیبیان و فریادی، ۱۳۸۰، ص۱۱-۲۱). در مطالعهٔ سیف‌اللهی و فریادی (۲۰۱۰) با عنوان «ارزشیابی کیفیت محیط زیست منطقهٔ ۲۲ شهر تهران بر اساس شاخص‌های پایدار»، شاخص‌های محیط زیست در ۱۳ زیرگروه (محیط طبیعی، بهداشت و درمان، ایمنی، مسکن، اقتصاد، آموزش، حمل‌ونقل، و انرژی محیط مصنوع) مطالعه شد که در این پژوهش روش طبیبیان و فریادی (۱۳۸۰)، نشان می‌دهد شرایط کیفی زیست‌محیطی منطقهٔ کلان‌شهر تهران از سال ۱۹۹٦ تا ۲۰۰٦ تا حدودی بهتر شده است.

محدوده و قلمرو مورد مطالعه

دامنهٔ مطالعه به لحاظ موقعیت جغرافیایی کلان‌شهر تهران وسعتی بیش از۷۳۰ کیلومتر مربع دارد. موقعیت جغرافیایی تهران بین ۳۵ درجه و ۳٤ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۵ دقیقه و ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقهٔ طول شرقی است. کلان‌شهر تهران به ۲۲ منطقهٔ شهری تقسیم شده است و جمعیت آن حدود ۸ میلیون نفر برآورد شده است. شکل ۲ موقعیت کلان‌شهر تهران را نشان می‌دهد.



شکل۲. موقعیت کلان‌شهر تهران

روش انجام‌دادن کار

روش اصلی پژوهش بر پایهٔ مطالعه شاخص‌ها است. بر اساس هدف پژوهش (ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری کلان‌شهر تهران)، معتبرترین شاخص‌های شهری کشورهای مختلف تحلیل مقایسه‌ای شد. در تحقیق حاضر سعی شد برخی از جدیدترین مطالعات و تجربه‌های مشابه در زمینهٔ کاربرد شاخص‌های ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری استخراج شود. در مرحلهٔ بعدی مجموعه‌ای از کاربردی‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری طبقه‌بندی شد. با شناسایی شاخص‌ها و پارامترهای مهم با به‌کارگیری فن دلفی و تکمیل پرسشنامه توسط خبرگان، میزان تأثیرگذاری هر یک از عوامل و معیارهای مؤثر در اولویت‌بندی شاخص های بهینهٔ محیط زیست شهری مشخص شد. در حقیقت، این پژوهش از نوع توصیفی- پیمایشی است. تعداد مناسب برای تشکیل پانل دلفی بین ۱۰ تا ۲۰ نفر توصیه شده است. افراد واجد شرایط در این پژوهش واجد یک یا چند ویژگی بودند (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی‌های اعضای پانل دلفی در این تحقیق

دور	گروه	تعداد کارشناسان	میزان تجربه		
			حداقل	حداکثر	میانگین
دور اول	عضو هیئت علمی دانشگاه یا مؤسسهٔ پژوهشی	۱۰	۵	۲۰	۱۲٫۱۰
	مدیران و مشاوران ارشد در بخش دولتی	۸	۳	۷	٤٫۸۸
	کارشناسان فعال در شرکت‌های مهندسین مشاور	۱۲	۳	۱۰	۵٫٤۲
دور دوم	عضو هیئت علمی دانشگاه یا مؤسسهٔ پژوهشی	۷	۵	۲۰	۱۳٫۷۱
	مدیران و مشاوران ارشد در بخش دولتی	٤	۳	۷	۵
	کارشناسان فعال در شرکت‌های مهندسین مشاور	۱۱	۳	۱۰	۵٫٤۵
دور سوم	عضو هیئت علمی دانشگاه یا مؤسسهٔ پژوهشی	۵	۱۰	۲۰	۱٦٫۲۰
	مدیران و مشاوران ارشد در بخش دولتی	۲	۵	۷	٦
	کارشناسان فعال در شرکت‌های مهندسین مشاور	۹	۳	۱۰	۵٫۷۸

پس از تعیین اعضای پانل دلفی، روش دلفی در سه دور انجام گرفت (بسته به اتفاق نظر اعضای پانل). نتایج در جدول ۲ بیان شده است.

جدول ۲. پرسشنامه‌های توزیع‌شده و جمع‌آوری‌شده در پانل دلفی

دور	پرسشنامه‌های توزیع‌شده (تعداد)	پرسشنامه‌های جمع‌آوری‌شده	
		تعداد	درصد
دور اول	۳۰	۲۲	۷۳٫۳۳
دور دوم	۲۲	۱۶	۷۲٫۷۳
دور سوم	۱۶	۱۶	۱۰۰

فرایند انتخاب معیارهای محیط زیست شهری کلان‌شهر تهران

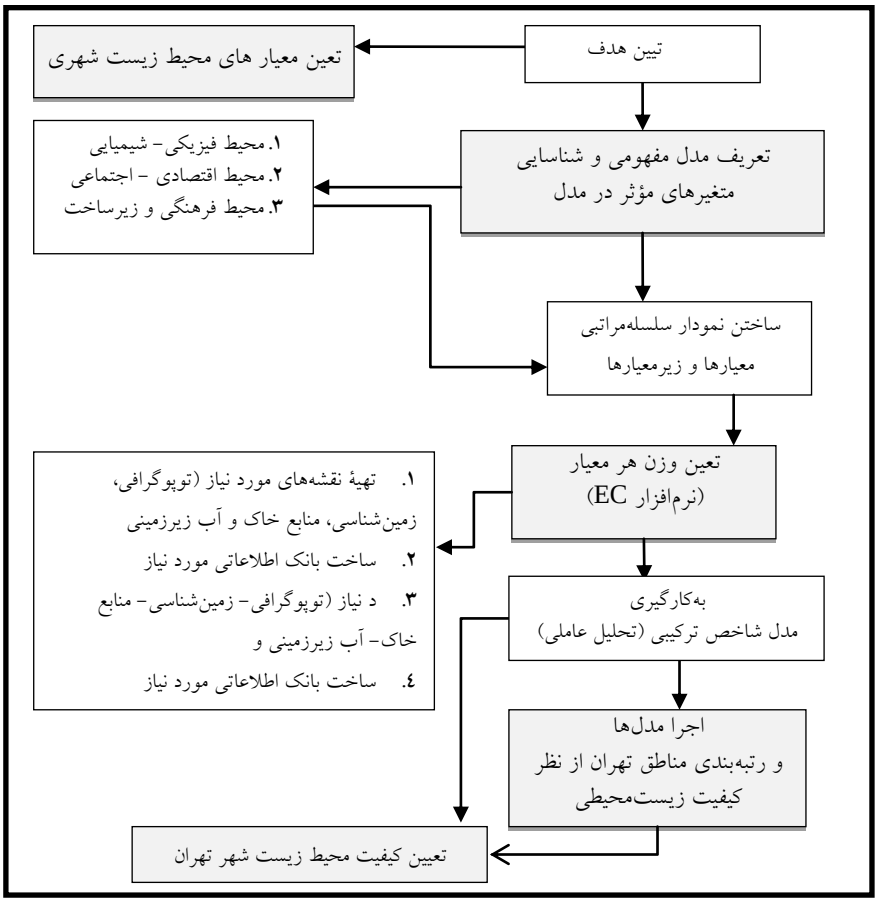
در این مرحله شاخص‌های محیط زیست شهری که در پنل دلفی نهایی شد، با توجه به سه عامل میانگین وزنی، مفهوم‌بودن معیار، و قابل اندازه‌گیری بودن مشخص شد (Saaty, 2008, p.2). جدول ۲ شاخص‌های نهایی کدگذاری‌شده (از I_1 تا I_{19} نمایش داده شده است). ساختار سلسله‌مراتبی تحقیق برای تعیین معیارهای اصلی در چهار سطح طبقه‌بندی شد و معیارهای اصلی در سه بعد و ۱۹ زیرمعیار اصلی بررسی شدند. در شکل ۳ نمودار فرایند ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری کلان‌شهر تهران نمایش داده شده است.

جدول ۳. شاخص‌های نهایی کدگذاری‌شده

معیار	کد شاخص	نام شاخص	واحد	استاندارد
هوا و اقلیم	I_1	میانگین غلظت آلاینده‌ها PSI	PPM	EPA
منابع آب و فاضلاب	I_2	میانگین شاخص AQI	عدد	–
	I_3	درصد خانوارهای تحت پوشش شبکهٔ فاضلاب	هکتار	–
بلایای طبیعی	I_4	نسبت ساختمان‌های بادوام به کل ساختمان	درصد	–
پسماند	I_5	درصد بازیافت	عدد*۱۰	–

ادامهٔ جدول ۳. شاخص‌های نهایی کدگذاری‌شده

معیار	کد شاخص	نام شاخص	واحد	استاندارد
	$I_{٦}$	درصد مقدار زبالهٔ تولیدی	هزار تن*۱۰۰	–
	$I_{٧}$	سرانهٔ تولید پسماند خانگی	(تن/ سال	جمعیت/ پسماند تولیدی)
	$I_{٨}$	طول مسیر دوچرخه	کیلومتر	–
حمل‌ونقل	$I_{٩}$	نرخ تولید سفر	عدد	–
	$I_{١٠}$	جذب سفر نرخ	عدد	–
	$I_{١١}$	درصد استفاده‌کنندگان از دوچرخه	کیلومتر مربع	–
کاربری اراضی و فضای سبز	$I_{١٢}$	درصد مساحت فضای سبز	متر مربع	–
	$I_{١٣}$	سرانهٔ فضای سبز	نفر در متر مربع	مساحت فضای سبز / مساحت
	$I_{١٤}$	سرانهٔ مراکز آوزشی	نفر در متر مربع	جمعیت/ تعداد مراکز
جمعیت، آموزش و اشتغال	$I_{١٥}$	بعد خانوار	عدد	–
	$I_{١٦}$	نرخ رشد۹۰-۸۵	درصد	–
	$I_{١٧}$	درصد شاغلان	درصد	
سلامت و بهداشت	$I_{١٨}$	سرانهٔ درمانی	نفر در متر مربع	تعداد مراکز درمانی/ جمعیت
زیر ساخت‌های تفریحی	$I_{١٩}$	سرانهٔ فضای ورزشی و تفریح	نفر در متر مربع	تعداد مراکز ورزشی/ جمعیت



شکل ۳. فرایند ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری کلان‌شهر تهران

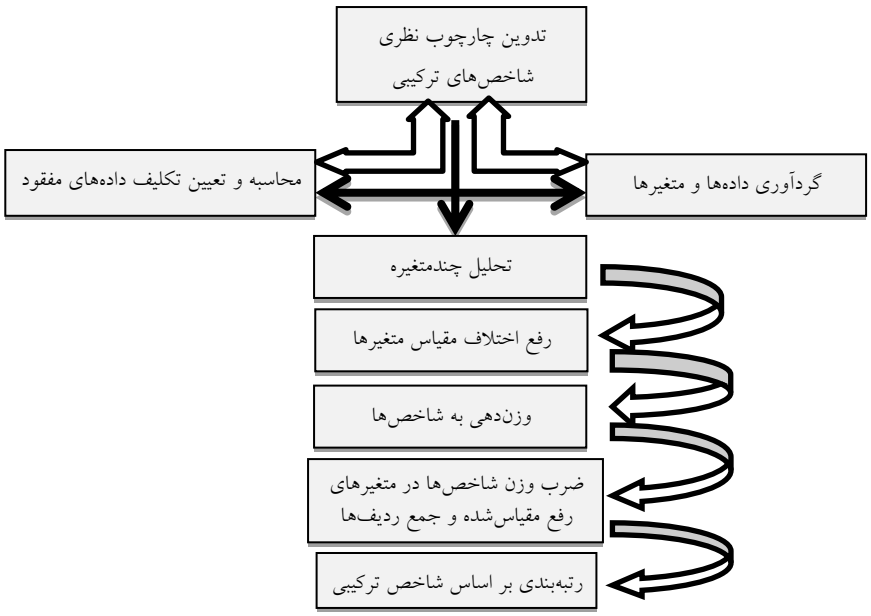
تحلیل عاملی

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با روش تحلیل عاملی[1] انجام گرفت. تحلیل عاملی فن آماری چندمتغیره است که هدف اصلی آن خلاصه‌کردن داده‌ها و متغیرها است. این روش همبستگی درونی تعداد زیادی از متغیرها را بررسی می‌کند و در نهایت، آن‌ها را در قالب عامل‌های محدودی دسته‌بندی کرده و

1. Factor analysis

تبیین می‌کند. در حقیقت، تحلیل عاملی روشی برای تقلیل تعداد زیادی از متغیرهای کمی به تعداد کمی از متغیرهای مفروض زیربنایی، که عامل خوانده می‌شوند، است. اگر همبستگی میان متغیرها معادل صفر یا نزدیک به صفر باشد، هیچ عاملی ظاهر نخواهد شد. برعکس اگر همبستگی چشمگیری بین متغیرها وجود داشته باشد، ممکن است یک یا چند عامل ظاهر شود. عمده‌ترین هدف تحلیل عاملی، کاهش حجم داده‌ها و تعیین مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌هاست. پیش فرض اساسی تحلیل عاملی تأییدی آن است که هر عاملی با زیرمجموعهٔ خاصی از متغیرها ارتباط دارد (منصورفر، ۱۳۸۵، ص۱۷٦). مراحل تهیهٔ شاخص ترکیبی با روش تحلیل عاملی به شرح ذیل است:

محاسبهٔ وزن بار عاملی، تشکیل ماتریس داده‌های استاندارد (Z استاندارد)، نرمالیزه‌کردن (رفع اختلاف مقیاس یا بدون بُعدکردن شاخص‌ها)، تشکیل ماتریس ضرایب همبستگی که در این ماتریس ضریب همبستگی هر یک از متغیرها و شاخص‌ها در نرم‌افزار SPSS محاسبه می‌شود. محاسبهٔ بار عاملی هر شاخص در شکل ٤ مراحل ساخت شاخص ترکیبی نمایش داده شده است.



شکل ٤. مراحل تهیهٔ شاخص‌های ترکیبی (منصورفر، ۱۳۸۵، ص۱۰۲)

وزن‌دهی به شاخص‌ها

الف) مدل‌سازی

در این قدم، مسئله و هدف تصمیم‌گیری به‌طور سلسله‌مراتبی از عناصر تصمیم که با هم ارتباط دارند، بیان می‌شود. عناصر تصمیم شامل «شاخص‌های تصمیم‌گیری» و «گزینه‌های تصمیم» است. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی نیازمند شکستن یک مسئله با چندین شاخص به سلسله‌مراتبی از سطوح است. سطح بالا نشان‌دهندهٔ هدف اصلی فرایند تصمیم‌گیری است. سطح دوم، نشان‌دهندهٔ شاخص‌های عمده و اساسی که ممکن است به شاخص‌های فرعی و جزئی‌تر در سطح بعدی شکسته شود، است. سطح آخر گزینه‌های تصمیم را نشان می‌دهد.

ب) قضاوت ترجیحی (مقایسات زوجی)

مقایسه‌هایی بین گزینه‌های مختلف تصمیم، بر اساس هر شاخص و قضاوت دربارهٔ اهمیت شاخص تصمیم به صورت زوجی انجام می‌گیرد. برای این کار معمولاً با مقایسهٔ گزینه‌ها با شاخص‌های iام نسبت **j**ام انجام می‌گیرد. در جدول ٤ نحوهٔ ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به هم نشان داده شده است (Satty, 1998, p.32).

جدول ٤. ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به هم

ارزش ترجیحی	وضعیت مقیاس Zi نسبت به j	توضیح
۱	اهمیت برابر	گزینه یا شاخص **i** نسبت به **j** اهمیت برابر دارند، یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	نسبتاً مهم‌تر	گزینه یا شاخص **i** نسبت به **j** کمی مهم‌تر است.
۵	مهم‌تر	گزینه یا شاخص **i** نسبت به **j** مهم‌تر است.
۷	خیلی مهم‌تر	گزینه یا شاخص **i** خیلی بیشتری از **j** ارجحیت دارد.
۹	کاملاً مهم	گزینه یا شاخص **i** از **j** مطلقاً مهم‌تر و قابل مقایسه با **j** نیست.
۲و٤و٦و۸	بسیار مهم و ارجح	ارزش‌های میانی بین ارزش‌های ترجیحی را نشان می‌دهد مثلاً ۸، بیان‌کنندهٔ اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای **i** است.

منبع: Satty,1998, p.32

پس از تجزیه‌وتحلیل مقایسات زوجی، سه بعد انتخابی اصلی و ۱۹ زیرمعیار آن در نرم‌افزار

EC[1] اولویت‌بندی شدند. پس از ساخت مدل در این نرم‌افزار و ورود ماتریس‌های مقایسات زوجی، وزن معیارها به دست آمد. نتایج نشان داد، بعد فیزیکی با وزن نسبی ۰٫۵٦۸ در رتبهٔ نخست، و بعد کلان اقتصادی- اجتماعی با وزن نسبی ۰٫۲۰۹ در اولویت دوم قرار دارند و به ترتیب، بعد محیط فرهنگی با وزن نسبی ۰٫۱٤۲ در رتبه‌های سوم و چهارم قرار گرفته‌اند. نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی ۰٫۰۱ به آمده است که چون کمتر از ۰٫۱ است، سازگاری این مقایسات قابل قبول است.

نرمالیزه‌کردن (رفع اختلاف مقیاس یا بدون بُعدکردن شاخص‌ها)

برای ساختن شاخص‌های ترکیبی معمولاً طیف گسترده‌ای از شاخص‌های فرعی و با مقیاس‌های متفاوت، به‌کار گرفته می‌شود. در این پژوهش روش استانداردکردن (نمره‌های Z) به‌کار گرفته شد. این روش از متداول‌ترین روش‌های رفع اختلاف مقیاس‌کردن است. در این روش، ابتدا میانگین مقادیر و انحراف معیارهای هر یک از شاخص‌ها در بین کشورها یا مناطق مختلف محاسبه می‌شود. سپس انحراف مقادیر صفت از میانگین به انحراف معیار تقسیم شده و از این طریق متغیرها از مقیاس رها می‌شوند. برای تبدیل مقادیر شاخص به استاندارد فرمول ۱ به‌کار گرفته شده است.

$$z = \frac{(X_{ij} - \bar{X}_i)}{\sqrt{\frac{\Sigma(X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{N}}} \qquad (۱)$$

در این معادله Z: مقادیر استانداردشده، X_{ij}: مقدار متغیر i در منطقه X، j: میانگین متغیر i .

بارگذاری عامل‌ها

در نهایت، با به‌کارگیری فرمول ۲ بار عاملی شاخص‌ها محاسبه شد که بار عاملی از حاصل ضرب وزن هر شاخص در مقدار نرمال شاخص به دست می‌آید (منصورفر، ۱۳۸۵).

1. Expert Choice

$$f_{ij} = \sum l_{ij}\, z_{ij} \qquad (۲)$$

که در آن

Z_{ij}: مقدار نرمال هر یک از شاخص‌ها

l_{ij}: وزن هر یک از شاخص‌ها

در این مطالعه وضعیت ۱۹ شاخص اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی ۲۲ منطقهٔ شهر تهران در سال ۱۳۹۰ از سال‌نامهٔ آماری استخراج شد. متغیرها و شاخص‌های به‌کارگرفته‌شده در این مطالعه شامل درصد میانگین غلظت آلاینده‌ها، میانگین غلظت AQI، درصد خانوارهای تحت پوشش شبکهٔ فاضلاب، نسبت ساختمان‌های بادوام/ کل ساختمان، درصد بازیافت، نرخ تولید سفر، نرخ جذب سفر، درصد مساحت فضای سبز به مساحت کل منطقه، سرانهٔ فضای سبز، سرانهٔ زبالهٔ تولیدی، سرانهٔ تولید پسماند خانگی، درصد استفاده‌کنندگان از دوچرخه، سرانهٔ مراکز آموزشی، بعد خانوار، نرخ رشد ۹۰- ۸۵، سرانهٔ درمانی، و سرانهٔ فضای ورزشی و تفریحی بوده است. در ضمن از مجموع ۱۹ شاخص منتخب، ۱۲ شاخص با اهداف پایداری شهری همسو بودند و فقط شاخص‌های نرخ رشد، میانگین غلظت آلاینده‌ها، سرانهٔ تولید پسماند با اهداف توسعه همسو نبوده است. برای اینکه شاخص یادشده همسو، مقدار آن از یک عدد ثابت کسر شد تا همهٔ شاخص‌ها همسو شوند. پس از گردآوری شاخص‌ها ماتریس مناطق و شاخص‌ها تهیه شد، به‌طوری که مناطق ۲۲گانه در سطر، و شاخص‌ها در ستون درج شدند.

یافته‌های پژوهش

تجزیه‌وتحلیل و تهیهٔ شاخص عاملی

برای تهیهٔ شاخص ترکیبی، ابتدا ماتریس مناطق (۲۲ منطقه) و شاخص‌ها (۱۹ شاخص) را تشکیل می‌دهیم. کد شاخص‌ها، شاخص و واحد اندازه‌گیری در جدول ۲ نمایش داده شد. برای انجام‌دادن تحلیل عاملی در این مرحله نیز ماتریس داده‌های خام به نرم‌افزار SPSS وارد شد و محاسبات مورد نیاز برای تهیهٔ شاخص ترکیبی انجام گرفت. آماره‌های دیگری نیز وجود دارند که محقق می‌تواند

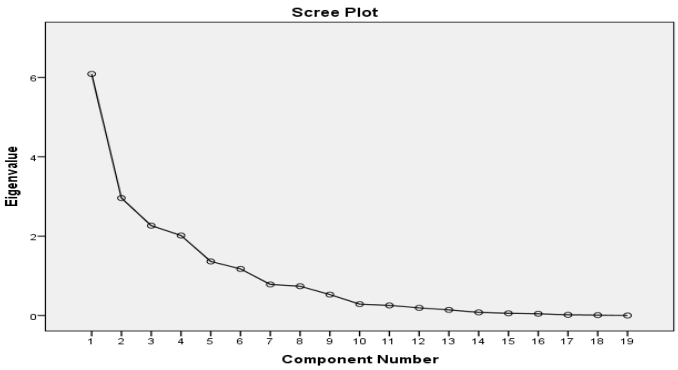
از طریق آن‌ها مناسب‌بودن داده‌ها را برای تحلیل عاملی تشخیص دهـد. از جملـه مهـم‌تـرین ایـن آماره‌ها، شاخص KMO[1] است که مقدار آن بین صفر و ۱ در نوسان است. در صـورتی کـه مقـدار KMO کمتر از ۰٫۵ باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهد بود و اگر مقدار آن بین ۰٫۵ تـا ۰٫٦۹ باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسبند. در صورتی که مقدار آن بزرگتر از ۰٫۷ باشد، داده‌هـا برای تحلیل عاملی بسیار مناسب خواهد بود (منصورفر، ۱۳۸۵، ص۳۰). جدول ۵ مقادیر آماره‌های KMO و بارتلت را نشان می‌دهد.

جدول ۵. آماره‌های KMO و بارتلت برای بررسی کفایت نمونه

شاخص کایزن مایر		۰٫٦٦۷
آزمون بارتلت	خی‌دو تقریبی	۱۹۹٫۳۸۰
	درجه آزادی	۸۸
	ضریب معناداری	۰٫۰۰۰

همان‌طور که در جدول ٤ مشاهده می‌شود، مقدار KMO معادل ۰٫٦٦۷ محاسبه شـد کـه نشـان می‌دهد داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب است. مقدار آزمون بارتلت نیز ۱۹۹٫۳۸۰ به دست آمد که نتیجهٔ آزمون معنادار است و نشان‌دهندهٔ مناسب‌بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی است. مقـدار ویـژه اهمیت اکتشافی عامل‌ها را نشان می‌دهد و پایین‌بودن این شاخص نشان می‌دهد ایـن عامـل نقـش اندکی در تعیین واریـانس متغیـرهـا داشـته اسـت. بنـابراین، از تحلیـل کنـار گذاشـته مـی‌شـود و شاخص‌هایی که عامل ویژهٔ بالاتر از ۱ دارند در تحلیل نهایی به‌کار گرفته می‌شوند. بر این اسـاس، فقط مقدار ویژهٔ شش عامل بزرگتر از ۱ و قابل پذیرش است و ۷۸ درصد واریانس‌ها را مـی‌توانـد تبیین کند. در این میان عامل اول با ۲۳ درصد بیشترین و عامل ششم با ۷ ردصد کمتـرین سـهم را به خود اختصاص دادند. برای شفاف‌ترشدن موضوع، نمودار مقادیر ویژه و عامل‌ها بـه‌کـار گرفتـه شد (شکل ۵). همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمودار سیر نزولی دارد و مقـدار عامـل ویـژهٔ عامـل هفتم کوچکتر از ۱ است پس همان شش عامل در تحلیل نهایی به‌کار گرفته خواهد شد.

1. Kaiser-Meyer-Olkin



شکل ۵. نمودار مقادیر ویژه و عامل‌ها

در مرحلهٔ بعد با روش ماتریس دوران‌یافته با به‌کارگیری روش واریماکس ۹۰ درجه با نرم‌افزار SPSS میزان همبستگی شاخص‌ها با شش عامل اصلی تعیین شد (جدول ٦).

جدول ۶. ماتریس ضرایب همبستگی متغیرها با هر یک از عامل‌ها

	اجزا					
	۱	۲	۳	٤	٥	٦
I_1	−۰٫٤٥٩	−۰٫٤۳۷	۰٫٦۱٦	۰٫۰۹٦	−۰٫۳٥٥	۰٫۰۲۰
I_2	−۰٫۱۷٦	−۰٫۰٥٦	۰٫۲۱۳	۰٫٤۰۸	۰٫٦۰۳	۰٫٥۳۲
I_3	−۰٫۳٤٥	−۰٫۰۲٦	۰٫۲۰٥	−۰٫۷۸۸	۰٫۱۸۹	−۰٫۲۳۹
	۰٫۷۰۸	۰٫۰٥۲	۰٫۰٤۷	۰٫۳۷۰	−۰٫٤۱۳	۰٫۰۰٤
I_4	۰٫۲۷۲	۰٫۳۹۱	−۰٫۱۲۸	−۰٫٤۱٥	−۰٫۳۱۰	۰٫٤۹٥
I_5	−۰٫٥۷۸	۰٫۳۳۲	۰٫۲٤۷	۰٫۳۸٤	۰٫۲۳۷	−۰٫۳۸٦
I_6	−۰٫٦۷۳	−۰٫٥۸٤	۰٫۰٤٥	−۰٫۰۸۹	۰٫۰٤۲	۰٫۱۹٤
I_7	۰٫۷۱۹	۰٫٥۸٤	۰٫۱۱۹	۰٫۰۸۰	۰٫۲۰٦	−۰٫۰۹۷
I_8	−۰٫۱۹٦	−۰٫۰٤۰	−۰٫۲۷٤	۰٫٤۹۹	−۰٫۳۳٦	−۰٫۳۷۷
I_9	۰٫٤٥۰	۰٫۷٦۸	−۰٫۰۲٥	−۰٫۱۳٥	۰٫۲۸٤	−۰٫۱۳۲
I_{10}	−۰٫٤۱٤۱	۰٫۳٦۸	۰٫٦۳۱	−۰٫۱٥۷	−۰٫۲٥٤	۰٫۱۹۳
I_{11}	−۰٫۲۳۸	۰٫٦۸٦	−۰٫٤۷٤	−۰٫۰٥۰	−۰٫۲۷۹	۰٫۱٦٥
I_{12}	۰٫۱۷۸	۰٫۱۷۷	۰٫٦٤٦	−۰٫۰۳۱	۰٫۱٤۰	−۰٫۰۳۷
I_{13}	۰٫٤٤٦	−۰٫٤۹۸	−۰٫٥۹۷	−۰٫۰۱٥	۰٫۳۱۷	−۰٫۰۱٥
I_{14}	−۰٫۸۹۲	۰٫۰۳٥	−۰٫۰٥٥	−۰٫۱۱۰	۰٫۰٦۲	−۰٫۱٦۲
I_{15}	۰٫۷۳۳	−۰٫۱۰۱	۰٫۳۲۰	۰٫٤۸۲	−۰٫۰۱٦	۰٫۰۹٤
I_{16}	−۰٫۷۲۰	۰٫۲۷٤	−۰٫۱۱۱	۰٫۳۸۰	۰٫۰۸٤	۰٫۳۱۲
I_{17}	۰٫۸۱۳	−۰٫۱۹۲	۰٫۳۲۹	−۰٫۱٥٥	۰٫۰۳٦	−۰٫۱۳٦
I_{18}	۰٫۷۹٦	−۰٫٤٦۷	۰٫۰٥۸	−۰٫۲۰۰	−۰٫۰۳۸	۰٫۱۲٦

پس از تهیهٔ ماتریس عاملی دوران‌یافته، باید امتیازهای عاملی محاسبه شود. با توجه به اینکه یکی از اهداف تحلیل عاملی کم‌کردن تعداد متغیرها است. از این رو باید محاسباتی برای امتیازبندی مناطق بر اساس شاخص‌ها انجام گیرد. امتیاز عاملی نتیجهٔ ضرب وزن عامل در مقدار شاخص است. میانگین غلظت آلاینده‌ها، نسبت ساختمان‌های بادوام/ کل ساختمان، سرانهٔ زبالهٔ تولیدی، سرانه فضای سبز، بعد خانوار و نرخ جذب سفر، شش عامل اصلی است. در جدول ۷ مناطق ۲۲ گانهٔ شهر تهران بر اساس این شش شاخص ترکیبی رتبه‌بندی شده است.

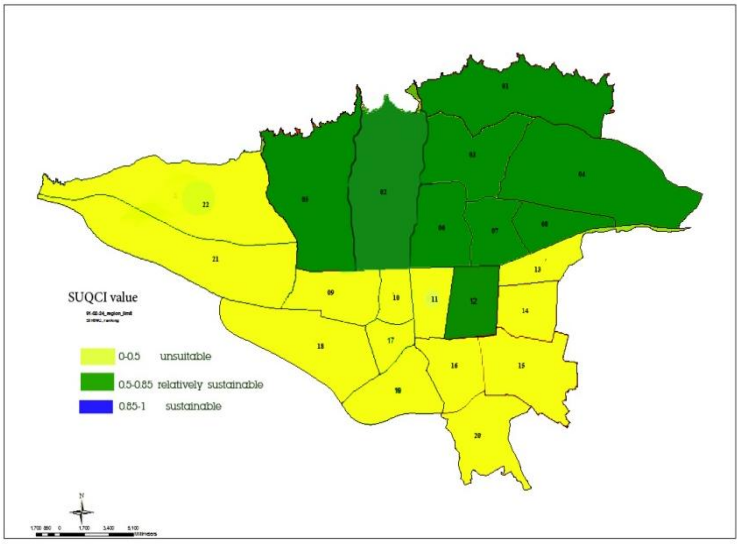
با توجه به نتایج، مناطق شهری ۱، ۲ و۳ با امتیازهای شاخص ترکیبی ۰٫۸۱، ۰٫۸۰ و ۰٫۷۹ در بهترین وضعیت از نظر همهٔ ابعاد مورد پژوهش واقع شده‌اند و از طرف دیگر، مناطق ۹ و ۱۹ در بدترین وضعیت از نظر پایداری واقع شده‌اند در شکل ٦ وضعیت کلان‌شهر تهران با توجه به شاخص ترکیبی پایداری نمایش داده شده است. بر اساس شکل ٦، تهران به سه منطقه پایدار (۱-۰٫۸۵)، نسبتاً پایدار (۰٫۸۵- ۰٫۵) و ناپایدار (۰-۰٫۵) تقسیم شده است که با توجه به شکل ٦ منطقه‌ای که کاملاً از نظر شاخص پایداری در وضعیت پایداری کامل باشد وجود ندارد، مناطق شمالی و مرکزی تهران در وضعیت نسبتاً پایدار و مناطق جنوبی و جنوب غربی در وضعیت ناپایدار قرار دارند.

جدول ۷. رتبه‌بندی بر اساس شاخص ترکیبی

رتبه	منطقه	امتیاز
۱	۲	۳٫۸۱٦
۲	۳	۳٫۸۰
۳	۱	۳٫٦٥
٤	٦	۳٫٤۸
٥	۷	۳٫۲۰
٦	٤	۳٫۲۰
۷	٥	۲٫۱۰
۸	۲۲	۲
۹	۲۱	۱٫۸۰

ادامهٔ جدول ۷. رتبه‌بندی بر اساس شاخص ترکیبی

رتبه	منطقه	امتیاز
۱۰	۸	۱/۴۰۹
۱۱	۱۲	۰/۹
۱۲	۱۳	۰/۸۵
۱۳	۱۴	۰/۷۵
۱۴	۱۵	۰/۶۰
۱۵	۱۶	۰/۳۲
۱۶	۱۸	۰/۲۱
۱۷	۱۹	۰/۱۶
۱۸	۱۱	۰/۱۲
۱۹	۲۰	۰/۱۰
۲۰	۱۰	۰/۰۹
۲۱	۱۷	۰/۰۴
۲۲	۹	۰/۰۱



شکل ۶. وضعیت کلان‌شهر تهران با توجه به شاخص ترکیبی پایداری

بحث و نتیجه

محیط زیست شهری مجموعه‌ای متشکل از زیرمجموعه‌های گوناگون طبیعی- انسان‌ساخت و جوامع انسانی است که روابط متقابل با یکدیگر و محیط پیرامونی دارند. بنابراین، به‌کارگیری روش‌های علمی برای شناخت این روابط پیچیده و مشکل امکان‌پذیر است. با توجه به نتایج پژوهش‌های پیشین و نتایج این پژوهش، شاخص‌های محیط فیزیکی شیمیایی (هوا و اقلیم، بلایای طبیعی، پسماند و منابع آب) نسبت به شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در شهر تهران وضعیت حادتری دارند. با توجه با نتایج این پژوهش بیش از نیمی از مناطق تهران در وضعیت ناپایدار و نیمه‌پایدار از نظر کیفیت محیط زیست شهری قرار گرفته‌اند. مقایسهٔ نتایج پژوهش با نتایج پژوهش‌های پیشین که کیفیت محیط زیست شهری در تهران (۱۳۸٦) با توجه به شاخص‌های تعریف‌شده ۵۹ درصد ارزیابی کرده‌اند، نشان می‌دهد کیفیت محیط زیست شهری در کلان‌شهر تهران مسیر روبه‌رشد و بهبود را طی نمی‌کند و در جهت ارتقا در کلان‌شهر تهران پیش نمی‌رود که نیازمند توجه ویژه و برنامه‌ریزی در سطح کلان است. از مهم‌ترین تفاوت‌های اصلی این پژوهش با پژوهش‌های مشابه که در زمینهٔ بررسی کیفیت محیط زیست انجام گرفته است، عبارت‌اند از ۱. بومی‌سازی شاخص‌ها و معرفی شاخص‌های جدید در بررسی کیفیت محیط زیست شهری، ۲. به‌کارگیری روابط همبستگی درونی شاخص‌ها با شاخص ترکیبی و تلفیق دو جنبهٔ کمی و کیفی در بررسی پایداری شهرها، ۳. سنجش کیفیت محیط زیست شهری در سطح ۲۲ منطقهٔ شهر تهران و رتبه‌بندی کمی و کیفی ۲۲ زون شهر تهران از نظر پایداری، در مطالعات پیشین شهرها فقط به صورت یک زون واحد مورد بررسی قرار گرفته است در حالی که کلان‌شهر تهران از ۲۲ زون که از نظر شرایط جغرافیایی، اجتماعی و جز آن متفاوتند، تشکیل شده است، ٤. تعیین میزان پایداری محیط زیست شهری شهر تهران با به‌کارگیری شاخص ترکیبی. نکتهٔ شایان توجه در این پژوهش در وزن‌دهی و اولویت‌بندی زیرمعیارها اهمیت زیرمعیارهای محیط فیزیکی و شیمیایی و اقتصادی – اجتماعی است که در تعیین کیفیت محیط زیست شهری کلان‌شهر تهران نقش اصلی را بر عهده دارند. بررسی نتایج نشان می‌دهد مناطق تهران از نظر شرایط زیست‌محیطی، اقتصادی،

اجتماعی و فرهنگی در شرایط ناهمگون و ناموزونی قرار دارند و مناطق شمال (مناطق ۱، ۲ و ۳) در بهترین وضعیت، و مناطق جنوبی و مرکزی (۱۷، ۹ و ۱۰) در بدترین وضعیت از لحاظ کیفیت شاخص‌هایی مانند میانگین غلظت آلاینده‌ها، سرانهٔ فضای سبز، بعد خانوار و نسبت ساختمان‌های بادوام واقع شده‌اند.

پیشنهادها

بر مبنای نتایج تحقیق، پیشنهادهای زیر مطرح می‌شود:

- به‌کارگیری مدل طراحی‌شده برای دیگر کلان‌شهرها و بررسی کمی و کیفی وضعیت محیط زیست شهری.
- ایجاد و جمع‌آوری اطلاعات پراکنده برای تولید یک بانک اطلاعاتی برخط و بروز از وضعیت شاخص‌های محیط زیست شهری و تغییر وضعیت آن‌ها.
- تعریف و تعیین شاخص‌های محیط زیست شهری با توجه به وضعیت بومی کلان‌شهرها در ایران.

منابع و مآخذ

۱. طبیبیان، منوچهر؛ فریادی، شهرزاد (۱۳۸۰). «ارزیابی کیفیت محیط زیست شهر تهران». *محیط‌شناسی*، دورهٔ ۲۷، شمارهٔ ۲۸، صفحات ۱۱-۱.

۲. شریفیان‌پور، نسیم؛ فریادی، شهرزاد (۱۳۹۳). «امکان‌سنجی شاخص‌های کیفی در اصفهان». *محیط‌شناسی*، دورهٔ ٤۰، صفحات ۲۳-۱۳.

۳. منصورفر، کریم (۱۳۸۵). *روش‌های پیشرفتهٔ آماری*. تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

4. Aminzadeh, B.; Khansefid, M. (2010). "Improving the natural and built ecological systems in an urban environment". *International Journal of Environmental Research*, 4(2), 361-372.
5. Bartelmus, P. (2008). *Indicators of sustainable development*. Encyclopedia of Earth (EOE).
6. Boone, C.; Modarres, A. (2006). *City and environment*. Temple University Press.
7. Button, K. (2002). "City management and urban environmental indicators". *Ecological Economics Journal*, 40(2), 217-233.
8. Einsedel, N. (2010). *Rapid Urban Environmental Assessment, the Urban Management Programmed Approach European Commission*.
9. ESTAT.(2001). *Environmental Sustainability Indicators In Urban Area*. National Statistical Institute of Italy.
10. Gigliardi, Francisco; Mariacristina, Rosica; Gheorgh, Lazaroiu (2007). "Evaluation of sustainability of a city through Fuzzy Logic". *Energy*, 32, 795-802.
11. Leitmann, Josef (1994). *Rapid urban environmental assessment*. World Bank Publication.
12. Li, F.; Iiu, X.; Hu, D.; Wang, R.; Yang, W.; Li, D.; Zhao, D. (2009). "Measurement indicators and evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study". *Landscape and Urban Planning*, (90), 134-142.
13. MHRC (2007). *Mercer human resource consulting, quality of living global city rankings mercer survey*.
14. OECD (2004). "Key environmental indicators". *Landscape and Urban Planning*, 90(3), 134-142.
15. Saaty, T. L. (2008). "Decision making with the analytic hierarchy process". *Services Sciences*, 1(1), 83-98.
16. Seifollahi, M.; Faryadi, Sh. (2011). "Evaluating the quality of tehran's urban environment based on sustainable indicators". *International Journal of Environmental Research*, 5(2), 545-554.
17. UN Habitat (2009). *Planning sustainable cities*. global report on human settlements.

18. UN. (2003). *Cities* and sustainable development lessons and experiences from Asia and the pacific. United Nations New York.
19. Westfall, M.; De Villa, V. (2001). *Urban indicators for managing cities*. Manila, Asian Development Bank.
20. Yang, Zh; Su, M.; Chen, B. (2008). "Change of urban ecosystem development – A case study of Beijing, China*". Pericardia Environmental Science*, 2, 681-688.
21. Yung-Jaan, Lee (2007). "Sustainability index for Taipei". *Environmental Impact Assessment Review*, 27(6), 505–521.