

سنجش کیفیت محیط زیست شهری با به کارگیری مدل شاخص ترکیبی (مورد مطالعه: کلان شهر تهران)

مریم رباطی

استادیار، دانشکده 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 مناسب نبودن کیفیت محیط زیست اغلب شهرهای ایران وجود دارد. در این پژوهش شاخص‌های بهینه محیط زیست شهری در کلان شهر تهران شناسایی، و ضریب اهمیت هر یک از عوامل کمی سازی شده و تأثیر مهم ترین معیارهای منتخب در ارزشیابی کیفیت محیط زیست شهری مطالعه شده است. این تحقیق از نوع توصیفی-تحلیلی مبتنی بر مطالعات میدانی و مدل سازی است. شاخص‌ها و پارامترهای مهم با به کارگیری روش AHP گروهی و نرم افزار EC شناسایی و اولویت بندی شد. سپس، با توجه به معیارهای بومی و شرایط کلان شهر تهران، ارزیابی کمی و کیفی محیط زیست شهری با فن تحلیل عاملی در نرم افزار SPSS انجام گرفت. نتایج نشان داد مناطق شهری ۱، ۲ 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 زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در شرایط ناهمگون و ناموزونی قرار دارند.

کلیدواژگان

شاخص سازی، کلان شهر تهران، کیفیت محیط زیست شهری، مدل شاخص های ترکیبی.

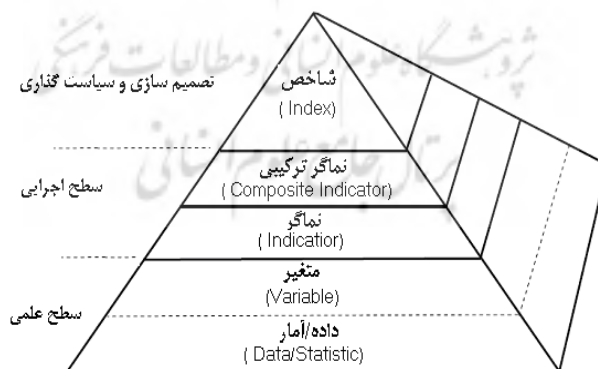
مقدمه و بیان مسئله

توسعه و گسترش شهرنشینی و روند افزایش جمعیت شهری، استفاده 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 توسعه پایدار شهری از مباحث مهم و اولویت‌های نخست برنامه‌ریزی محسوب می‌شود (Atkinson et al., 1999, p.178). با توجه به اینکه شهرها نظام و واحدی اکولوژیکند، رابطه دقیق انسان و محیط را در خود نهفته دارند (Boone & Modarres, 2006, p.20). در یک شهر مطلوب رابطه 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 ۶۰ درصد مردم جهان در مناطق شهری زندگی خواهند کرد. با اینکه شهرها فقط ۲ درصد مساحت کره 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 مؤسسه منابع انسانی مرکز در سال ۲۰۰۷، از دیدگاه کیفیت محیط زیست شهری از بین ۲۷۷ شهر بزرگ دنیا، تهران در رتبه 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 منطقه 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 تشکیل‌دهنده محیط زیست شهری تهران واجد کیفیت استاندارد است یا خیر؟

پیشینه تحقیق

واژه 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 سازماندهی شده داده‌ها هستند. در سطح بعد شاخص‌هایی قرار دارند که معمولاً به صورت اعداد منفردند و امکان مقایسه را فراهم می‌کنند و اهداف خط‌مشی با به‌کارگیری آن‌ها قابل ارزیابی است. در بالاترین سطح، نمایه‌ها قرار دارند که ترکیبی از شاخص‌های سطح قبلی‌اند (Westfall et al., 2006, p.13). در زمینه بررسی شاخص‌های محیط زیست شهری، مطالعات مختلفی انجام گرفته است. لینگ^۱ و همکاران (۲۰۰۱) در مقاله «ارزیابی سریع پایداری در چین» شاخص‌های محیط زیست شهری را در چهار لایه و ۲۸ شاخص بررسی کردند. در تحقیقی که در سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۶ با عنوان «شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی در مناطق شهری» در کشور ایتالیا انجام گرفت، شاخص‌ها در هفت گروه اصلی (هوا، انرژی، فضای سبز، صدا، حمل‌ونقل، آب و مواد زائد) انتخاب شده و با به‌کارگیری شبکه DPSIR وضعیت بررسی شد (Estat, 2001, p.115). یونگ و هوانگ (۲۰۰۷) در مقاله‌ای با عنوان «شاخص‌های پایداری برای تایپه»، شاخص‌های پایداری را ابزاری مؤثر برای تعیین اینکه یک شهر در جهت توسعه پایدار گام برمی‌دارد یا خیر، می‌دانند (Yung & Huang, 2007, p.103). فنگ لی و همکارانش (۲۰۰۹) در مقاله «شاخص‌های قابل اندازه‌گیری و رویکرد ارزیابی برای سنجش توسعه پایدار شهری، مطالعه موردی شهر جینینگ در چین»، ۵۲ معرف توسعه شهری پایدار را به‌کار می‌گیرد. این معرف‌ها نشان‌دهنده رشد و بهره‌وری اقتصادی، ساخت اکولوژیکی و زیربنایی، حفاظت از محیط زیست و رشد اجتماعی و رفاهی است. محققان تحلیل رادار را برای ارزیابی ظرفیت توسعه پایدار شهری طی زمان‌های مختلف به‌کار گرفته‌اند. در نهایت، در تحلیل‌های خود به این نتیجه می‌رسند که رشد و توسعه شهر جینینگ سطح پایین پایداری را نشان می‌دهد (Li et al., 2009, p.74). در ایران تحقیقی که به‌طور مستقیم در زمینه ارزیابی کیفیت زیست‌محیطی شهرها با شاخص‌های ترکیبی باشد، انجام نگرفته است، اما مقایسه نتایج پژوهش‌هایی که در حوزه بررسی میزان پایداری 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؛ ۴. نیازهای محیطی. سپس، با مدل ریاضی، کیفیت شهر تهران در سال ۱۳۷۵ معادل ۵۳٫۳ گزارش کرده‌اند (طبیبیان و فریادی، ۱۳۸۰، ص ۱۱-۲۱). در مطالعه سیف‌اللهی و فریادی (۲۰۱۰) با عنوان «ارزشیابی کیفیت محیط زیست منطقه 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 منطقه کلان‌شهر تهران از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۶ تا حدودی بهتر شده است.

محدوده و قلمرو مورد مطالعه

دامنه مطالعه به لحاظ موقعیت جغرافیایی کلان‌شهر تهران وسعتی بیش از ۷۳۰ کیلومتر مربع دارد. موقعیت جغرافیایی تهران بین ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۵ دقیقه و ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی است. کلان‌شهر تهران به ۲۲ منطقه شهری تقسیم شده است و جمعیت آن حدود ۸ میلیون نفر برآورد شده است. شکل ۲ موقعیت کلان‌شهر تهران را نشان می‌دهد.



شکل ۲. موقعیت کلان‌شهر تهران

روش انجام دادن کار

روش اصلی پژوهش بر پایه 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 زمینه کاربرد شاخص‌های ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری استخراج شود. در مرحله 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 شاخص‌های بهینه 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		میزان تجربه میانگین
		کارشناسان	حداقل	
دور اول	عضو هیئت علمی دانشگاه یا مؤسسه پژوهشی	۱۰	۵	۱۲٫۱۰
	مدیران و مشاوران ارشد در بخش دولتی	۸	۳	۴٫۸۸
دور دوم	کارشناسان فعال در شرکت‌های مهندسی مشاور	۱۲	۳	۵٫۴۲
	عضو هیئت علمی دانشگاه یا مؤسسه پژوهشی	۷	۵	۱۳٫۷۱
	مدیران و مشاوران ارشد در بخش دولتی	۴	۳	۵
دور سوم	کارشناسان فعال در شرکت‌های مهندسی مشاور	۱۱	۳	۵٫۴۵
	عضو هیئت علمی دانشگاه یا مؤسسه پژوهشی	۵	۱۰	۱۶٫۲۰
	مدیران و مشاوران ارشد در بخش دولتی	۲	۵	۶
	کارشناسان فعال در شرکت‌های مهندسی مشاور	۹	۳	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 توزیع شده و جمع آوری شده در پانل دلفی

دور	پرسشنامه‌های توزیع شده (تعداد)		پرسشنامه‌های جمع آوری شده
	تعداد	درصد	
دور اول	۲۲	۷۳٫۳۳	۳۰
دور دوم	۱۶	۷۲٫۷۳	۲۲
دور سوم	۱۶	۱۰۰	۱۶

فرایند انتخاب معیارهای محیط زیست شهری کلان شهر تهران

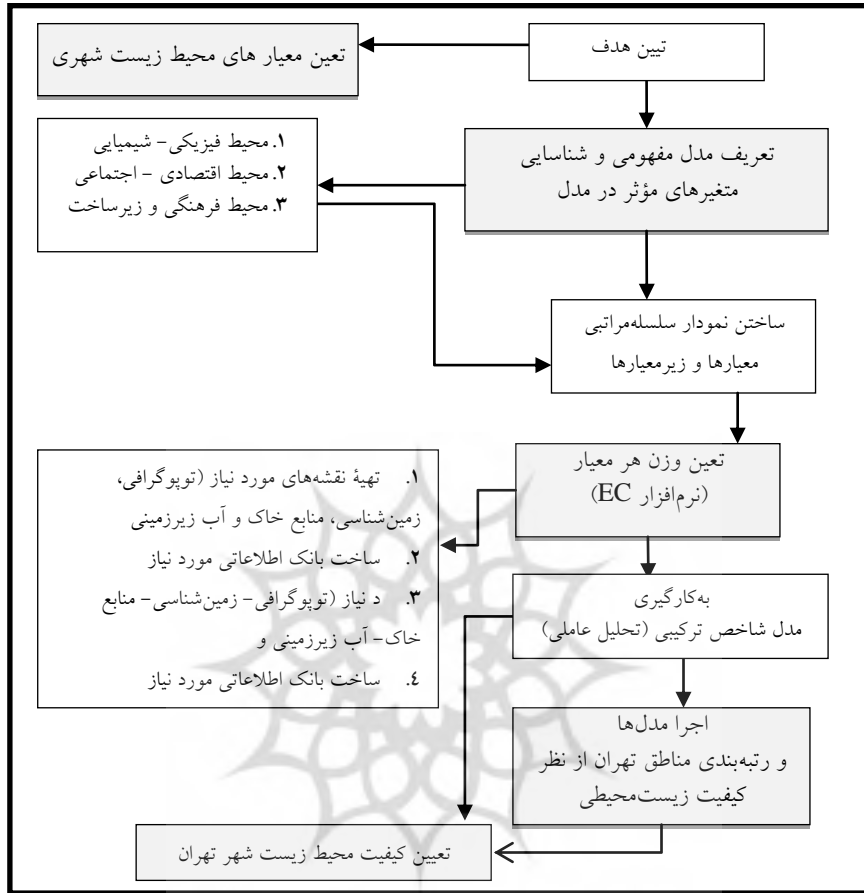
در این مرحله شاخص‌های محیط زیست شهری که در پانل دلفی نهایی شد، با توجه به سه عامل میانگین وزنی، مفهوم بودن معیار، و قابل اندازه گیری بودن مشخص شد (Saaty, 2008, p.2). جدول ۲ شاخص‌های نهایی کدگذاری شده (از I_۱ تا I_۹ نمایش داده شده است). ساختار سلسله‌مراتبی تحقیق برای تعیین معیارهای اصلی در چهار سطح طبقه‌بندی شد و معیارهای اصلی در سه بعد و ۱۹ زیرمعیار اصلی بررسی شدند. در شکل ۳ نمودار فرایند ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری کلان شهر تهران نمایش داده شده است.

جدول ۳. شاخص‌های نهایی کدگذاری شده

معیار	کد شاخص	نام شاخص	واحد	استاندارد
هوا و اقلیم	I _۱	میانگین غلظت PSI آلاینده‌ها	PPM	EPA
منابع آب و فاضلاب	I _۲	میانگین شاخص AQI	عدد	-
	I _۳	درصد خانوارهای تحت پوشش شبکه فاضلاب	هکتار	-
بلایای طبیعی	I _۴	نسبت ساختمان‌های بادوام به کل ساختمان	درصد	-
	I _۵	درصد باز یافت	عدد* ۱۰	-

ادامه جدول ۳. شاخص‌های نهایی کدگذاری شده

استاندارد	واحد	نام شاخص	کد شاخص	معیار
-	هزار تن * ۱۰۰	درصد مقدار زیاله تولیدی	I _۶	
جمعیت / پسماند تولیدی)	(تن / سال	سرانه تولید پسماند خانگی	I _۷	
-	کیلومتر	طول مسیر دوچرخه	I _۸	
-	عدد	نرخ تولید سفر	I _۹	حمل و نقل
-	عدد	جذب سفر نرخ	I _{۱۰}	
-	کیلومتر مربع	درصد استفاده کنندگان از دوچرخه	I _{۱۱}	کاربری اراضی و فضای سبز
-	متر مربع	درصد مساحت فضای سبز	I _{۱۲}	
مساحت فضای سبز / مساحت	نفر در متر مربع	سرانه فضای سبز	I _{۱۳}	
جمعیت / تعداد مراکز	نفر در متر مربع	سرانه مراکز آوزشی	I _{۱۴}	
-	عدد	بعد خانوار	I _{۱۵}	جمعیت، آموزش و اشتغال
-	درصد	نرخ رشد ۸۵-۹۰	I _{۱۶}	
	درصد	درصد شاغلان	I _{۱۷}	
تعداد مراکز درمانی / جمعیت	نفر در متر مربع	سرانه درمانی	I _{۱۸}	سلامت و بهداشت
تعداد مراکز ورزشی / جمعیت	نفر در متر مربع	سرانه فضای ورزشی و تفریح	I _{۱۹}	زیر ساخت‌های تفریحی



شکل ۳. فرایند ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری کلان‌شهر تهران

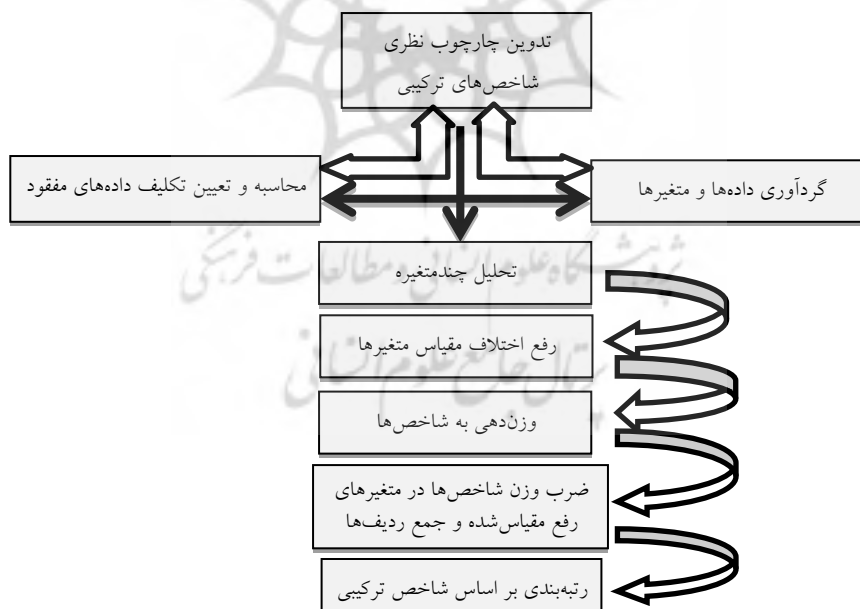
تحلیل عاملی

تجزیه و تحلیل داده‌ها با روش تحلیل عاملی^۱ انجام گرفت. تحلیل عاملی فن آماری چندمتغیره است که هدف اصلی آن خلاصه کردن 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 زیرمجموعه خاصی از متغیرها ارتباط دارد (منصورفر، ۱۳۸۵، ص ۱۷۶). مراحل تهیه شاخص ترکیبی با روش تحلیل عاملی به شرح ذیل است:

محاسبه وزن بار عاملی، تشکیل ماتریس داده‌های استاندارد (Z استاندارد)، نرمالیزه کردن (رفع اختلاف مقیاس یا بدون بُعد کردن شاخص‌ها)، تشکیل ماتریس ضرایب همبستگی که در این ماتریس ضریب همبستگی هر یک از متغیرها و شاخص‌ها در نرم‌افزار SPSS محاسبه می‌شود. محاسبه بار عاملی هر شاخص در شکل ۴ مراحل ساخت شاخص ترکیبی نمایش داده شده است.



شکل ۴. مراحل تهیه شاخص‌های ترکیبی (منصورفر، ۱۳۸۵، ص ۱۰۲)

وزن دهی به شاخص‌ها

الف) مدل سازی

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 نشان‌دهنده هدف اصلی فرایند تصمیم‌گیری است. سطح دوم، نشان‌دهنده 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 درباره اهمیت شاخص تصمیم به صورت زوجی انجام می‌گیرد. برای این کار معمولاً با مقایسه گزینه‌ها با شاخص‌های نام نسبت نام انجام می‌گیرد. در جدول ۴ نحوه ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به هم نشان داده شده است (Satty, 1998, p.32).

جدول ۴. ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به هم

ارزش ترجیحی	وضعیت مقیاس Zi نسبت به z	توضیح
۱	اهمیت برابر	گزینه یا شاخص i نسبت به z اهمیت برابر دارند، یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	نسبتاً مهم‌تر	گزینه یا شاخص i نسبت به z کمی مهم‌تر است.
۵	مهم‌تر	گزینه یا شاخص i نسبت به z مهم‌تر است.
۷	خیلی مهم‌تر	گزینه یا شاخص i خیلی بیشتری از z ارجحیت دارد.
۹	کاملاً مهم	گزینه یا شاخص i از z مطلقاً مهم‌تر و قابل مقایسه با z نیست.
۲ و ۶ و ۸	بسیار مهم و ارجح	ارزش‌های میانی بین ارزش‌های ترجیحی را نشان می‌دهد مثلاً ۸، بیان‌کننده اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای i است.

منبع: Satty, 1998, p.32

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

EC^۱ اولویت بندی شدند. پس از ساخت مدل در این نرم افزار و ورود ماتریس های مقایسات زوجی، وزن معیارها به دست آمد. نتایج نشان داد، بعد فیزیکی با وزن نسبی ۰/۵۶۸ در رتبه 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 ۰/۱۴۲ در رتبه های سوم و چهارم قرار گرفته اند. نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی ۰/۰۱ به آمده است که چون کمتر از ۰/۱ است، سازگاری این مقایسات قابل قبول است.

نرمالیزه کردن (رفع اختلاف مقیاس یا بدون بُعد کردن شاخص ها)

برای ساختن شاخص های ترکیبی معمولاً طیف گسترده ای از شاخص های فرعی و با مقیاس های متفاوت، به کار گرفته می شود. در این پژوهش روش استاندارد کردن (نمره های Z) به کار گرفته شد. این روش از متداول ترین روش های رفع اختلاف مقیاس کردن است. در این روش، ابتدا میانگین مقادیر و انحراف معیارهای هر یک از شاخص ها در بین کشورها یا مناطق مختلف محاسبه می شود. سپس انحراف مقادیر صفت از میانگین به انحراف معیار تقسیم شده و از این طریق متغیرها از مقیاس رها می شوند. برای تبدیل مقادیر شاخص به استاندارد فرمول ۱ به کار گرفته شده است.

$$z = \frac{(x_{ij} - \bar{x}_i)}{\sqrt{\frac{\sum (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{N}}} \quad (1)$$

در این معادله Z: مقادیر استاندارد شده، x_{ij} : مقدار متغیر i در منطقه X، \bar{x}_i : میانگین متغیر i.

بارگذاری عامل ها

در نهایت، با به کارگیری فرمول ۲ بار عاملی شاخص ها محاسبه شد که بار عاملی از حاصل ضرب وزن هر شاخص در مقدار نرمال شاخص به دست می آید (منصوری، ۱۳۸۵).

$$f_{ij} = \sum l_{ij} z_{ij} \quad (2)$$

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 منطقه شهر تهران در سال ۱۳۹۰ از سالنامه آماری استخراج شد. متغیرها و شاخص‌های به کارگرفته شده در این مطالعه شامل درصد میانگین غلظت آلاینده‌ها، میانگین غلظت AQI، درصد خانوارهای تحت پوشش شبکه فاضلاب، نسبت ساختمان‌های بادوام/کل ساختمان، درصد بازیافت، نرخ تولید سفر، نرخ جذب سفر، درصد مساحت فضای سبز به مساحت کل منطقه، سرانه فضای سبز، سرانه زباله تولیدی، سرانه تولید پسماند خانگی، درصد استفاده‌کنندگان از دوچرخه، سرانه مراکز آموزشی، بعد خانوار، نرخ رشد ۹۰-۸۵، سرانه درمانی، و سرانه 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، سرانه تولید پسماند با اهداف توسعه همسو نبوده است. برای اینکه شاخص یادشده همسو، مقدار آن از یک عدد ثابت کسر شد تا همه شاخص‌ها همسو شوند. پس از گردآوری شاخص‌ها ماتریس مناطق و شاخص‌ها تهیه شد، به طوری که مناطق ۲۲گانه در سطر، و شاخص‌ها در ستون درج شدند.

یافته‌های پژوهش

تجزیه و تحلیل و تهیه شاخص عاملی

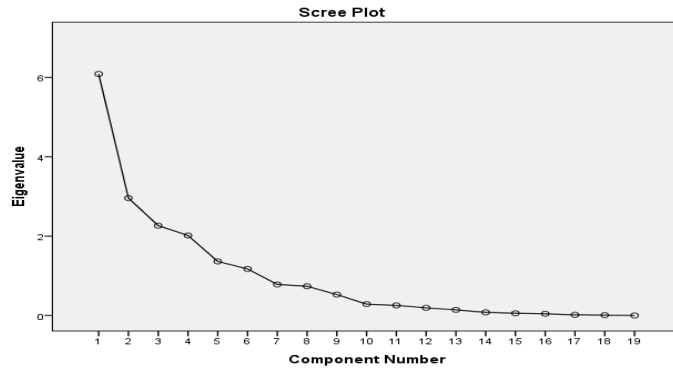
برای تهیه شاخص ترکیبی، ابتدا ماتریس مناطق (۲۲ منطقه) و شاخص‌ها (۱۹ شاخص) را تشکیل می‌دهیم. کد شاخص‌ها، شاخص و واحد اندازه‌گیری در جدول ۲ نمایش داده شد. برای انجام دادن تحلیل عاملی در این مرحله نیز ماتریس داده‌های خام به نرم‌افزار SPSS وارد شد و محاسبات مورد نیاز برای تهیه شاخص ترکیبی انجام گرفت. آماره‌های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

از طریق آن‌ها مناسب بودن داده‌ها را برای تحلیل عاملی تشخیص دهد. از جمله مهم‌ترین این آماره‌ها، شاخص KMO^۱ است که مقدار آن بین صفر و ۱ در نوسان است. در صورتی که مقدار KMO کمتر از ۰٫۵ باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهد بود و اگر مقدار آن بین ۰٫۵ تا ۰٫۶۹ باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسبند. در صورتی که مقدار آن بزرگتر از ۰٫۷ باشد، داده‌ها برای تحلیل عاملی بسیار مناسب خواهد بود (منصورفر، ۱۳۸۵، ص ۳۰). جدول ۵ مقادیر آماره‌های KMO و بارتلت را نشان می‌دهد.

جدول ۵. آماره‌های KMO و بارتلت برای بررسی کفایت نمونه

شاخص کایزن مایر	۰٫۶۶۷
آزمون بارتلت	۱۹۹٫۳۸۰
درجه آزادی	۸۸
ضریب معناداری	۰٫۰۰۰

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، مقدار KMO معادل ۰٫۶۶۷ محاسبه شد که نشان می‌دهد داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب است. مقدار آزمون بارتلت نیز ۱۹۹٫۳۸۰ به دست آمد که نتیجه آزمون معنادار است و نشان‌دهنده مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی است. مقدار ویژه اهمیت اکتشافی عامل‌ها را نشان می‌دهد و پایین بودن این شاخص نشان می‌دهد این عامل نقش اندکی در تعیین واریانس متغیرها داشته است. بنابراین، از تحلیل کنار گذاشته می‌شود و شاخص‌هایی که عامل ویژه بالاتر از ۱ دارند در تحلیل نهایی به کار گرفته می‌شوند. بر این اساس، فقط مقدار ویژه شش عامل بزرگتر از ۱ و قابل پذیرش است و ۷۸ درصد واریانس‌ها را می‌تواند تبیین کند. در این میان عامل اول با ۲۳ درصد بیشترین و عامل ششم با ۷ درصد کمترین سهم را به خود اختصاص دادند. برای شفاف‌تر شدن موضوع، نمودار مقادیر ویژه و عامل‌ها به کار گرفته شد (شکل ۵). همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمودار سیر نزولی دارد و مقدار عامل ویژه عامل هفتم کوچکتر از ۱ است پس همان شش عامل در تحلیل نهایی به کار گرفته خواهد شد.



شکل ۵. نمودار مقادیر ویژه و عامل‌ها

در مرحله بعد با روش ماتریس دوران یافته با به کارگیری روش واریماکس ۹۰ درجه با نرم افزار SPSS میزان همبستگی شاخص‌ها با شش عامل اصلی تعیین شد (جدول ۶).

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

	اجزا					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
I _۱	-۰,۴۵۹	-۰,۴۳۷	۰,۶۱۶	۰,۰۹۶	-۰,۳۵۵	۰,۰۲۰
I _۲	-۰,۱۷۶	-۰,۰۵۶	۰,۲۱۳	۰,۴۰۸	۰,۶۰۳	۰,۵۳۲
I _۳	-۰,۳۴۵	-۰,۰۲۶	۰,۲۰۵	-۰,۷۸۸	۰,۱۸۹	-۰,۲۳۹
I _۴	۰,۷۰۸	۰,۰۵۲	۰,۰۴۷	۰,۳۷۰	-۰,۴۱۳	۰,۰۰۴
I _۵	۰,۲۷۲	۰,۳۹۱	-۰,۱۲۸	-۰,۴۱۵	-۰,۳۱۰	۰,۴۹۵
I _۶	-۰,۵۷۸	۰,۳۳۲	۰,۲۴۷	۰,۳۸۴	۰,۲۳۷	-۰,۳۸۶
I _۷	-۰,۶۷۳	-۰,۵۸۴	۰,۰۴۵	-۰,۰۸۹	۰,۰۴۲	۰,۱۹۴
I _۸	۰,۷۱۹	۰,۵۸۴	۰,۱۱۹	۰,۰۸۰	۰,۲۰۶	-۰,۰۹۷
I _۹	-۰,۱۹۶	-۰,۰۴۰	-۰,۲۷۴	۰,۴۹۹	-۰,۳۳۶	-۰,۳۷۷
I _{۱۰}	۰,۴۵۰	۰,۷۶۸	-۰,۰۲۵	-۰,۱۳۵	۰,۲۸۴	-۰,۱۳۲
I _{۱۱}	-۰,۴۱۴۱	۰,۳۶۸	۰,۶۳۱	-۰,۱۵۷	-۰,۲۵۴	۰,۱۹۳
I _{۱۲}	-۰,۲۳۸	۰,۶۸۶	-۰,۴۷۴	-۰,۰۵۰	-۰,۲۷۹	۰,۱۶۵
I _{۱۳}	۰,۱۷۸	۰,۱۷۷	۰,۶۴۶	-۰,۰۳۱	۰,۱۴۰	-۰,۰۳۷
I _{۱۴}	۰,۴۴۶	-۰,۴۹۸	-۰,۵۹۷	-۰,۰۱۵	۰,۳۱۷	-۰,۰۱۵
I _{۱۵}	-۰,۸۹۲	۰,۰۳۵	-۰,۰۵۵	-۰,۱۱۰	۰,۰۶۲	-۰,۱۶۲
I _{۱۶}	۰,۷۳۳	-۰,۱۰۱	۰,۳۲۰	۰,۴۸۲	-۰,۰۱۶	۰,۰۹۴
I _{۱۷}	-۰,۷۲۰	۰,۲۷۴	-۰,۱۱۱	۰,۳۸۰	۰,۰۸۴	۰,۳۱۲
I _{۱۸}	۰,۸۱۳	-۰,۱۹۲	۰,۳۲۹	-۰,۱۵۵	۰,۰۳۶	-۰,۱۳۶
I _{۱۹}	۰,۷۹۶	-۰,۴۶۷	۰,۰۵۸	-۰,۲۰۰	-۰,۰۳۸	۰,۱۲۶

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

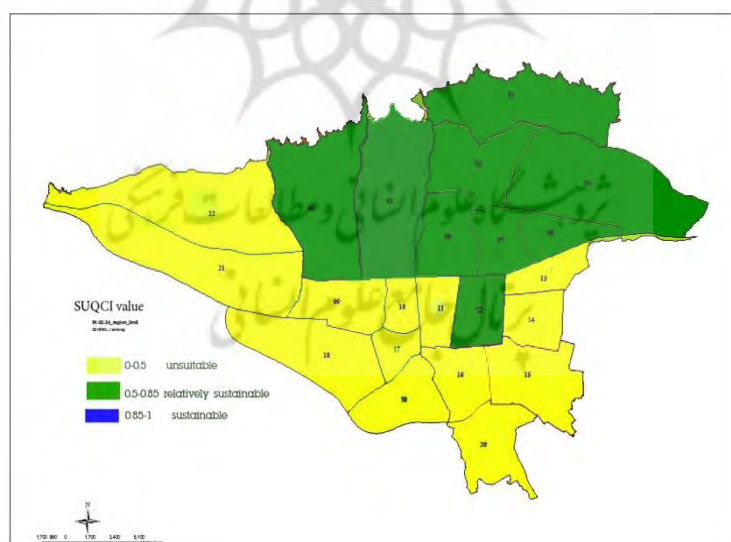
با توجه به نتایج، مناطق شهری ۱، ۲ و ۳ با امتیازهای شاخص ترکیبی ۰/۸۱، ۰/۸۰ و ۰/۷۹ در بهترین وضعیت از نظر همه ابعاد مورد پژوهش واقع شده‌اند و از طرف دیگر، مناطق ۹ و ۱۹ در بدترین وضعیت از نظر پایداری واقع شده‌اند در شکل ۶ وضعیت کلان‌شهر تهران با توجه به شاخص ترکیبی پایداری نمایش داده شده است. بر اساس شکل ۶، تهران به سه منطقه پایدار (۱-۰/۸۵)، نسبتاً پایدار (۰/۸۵-۰/۵) و ناپایدار (۰/۵-۰) تقسیم شده است که با توجه به شکل ۶ 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	۳/۸۱۶
۲	۳	۳/۸۰
۳	۱	۳/۶۵
۴	۶	۳/۴۸
۵	۷	۳/۲۰
۶	۴	۳/۲۰
۷	۵	۲/۱۰
۸	۲۲	۲
۹	۲۱	۱/۸۰

ادامهٔ جدول ۷. رتبه بندی 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 کلان شهر 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 مشکل‌امکان‌پذیر 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 حادثتری دارند. با توجه به نتایج این پژوهش بیش از نیمی از مناطق تهران در وضعیت ناپایدار و نیمه‌پایدار از نظر کیفیت محیط زیست شهری قرار گرفته‌اند. مقایسه نتایج پژوهش با نتایج پژوهش‌های پیشین که کیفیت محیط زیست شهری در تهران (۱۳۸۶) 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 زمینه 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 جنبه کمی و کیفی در بررسی پایداری شهرها، ۳. سنجش کیفیت محیط زیست شهری در سطح ۲۲ منطقه 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، ۴. تعیین میزان پایداری محیط زیست شهری شهر تهران با به‌کارگیری شاخص ترکیبی. نکته شایان توجه در این پژوهش در وزن‌دهی و اولویت‌بندی زیرمعیارها اهمیت زیرمعیارهای محیط فیزیکی و شیمیایی و اقتصادی^۵ 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، سرانه فضای سبز، بعد خانوار و نسبت ساختمان‌های بادوام واقع شده‌اند.

پیشنهادها

بر مبنای نتایج تحقیق، پیشنهادهای زیر مطرح می‌شود:

- به‌کارگیری مدل طراحی شده 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 مأخذ

۱. طبیبیان، منوچهر؛ فریادی، شهرزاد (۱۳۸۰). «ارزیابی کیفیت محیط زیست شهر تهران». *محیط‌شناسی*، دوره ۲۷، شماره ۲۸، صفحات ۱۱-۱.
۲. شریفیان‌پور، نسیم؛ فریادی، شهرزاد (۱۳۹۳). «امکان‌سنجی شاخص‌های کیفی در اصفهان». *محیط‌شناسی*، دوره ۴۰، صفحات ۲۳-۱۳.
۳. منصورفر، کریم (۱۳۸۵). *روش‌های پیشرفته 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, De Zhao, Do (2009)h Measurement indicators and evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study *Landscape and Urban Planning*, (90), 134-142.
13. MHRC (2007). *Merger 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.; Fdryadi, 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.

