Journal of Environmental Studies

Vol. 48, No. 1, Spring 2022

Journal Homepage: www.Jes.ut.ac.ir
Print ISSN: 1025-8620 Online ISSN 2345-6922

Comprehensive Assessment of Quality and Pollution Load in Urban Areas for Achieving Sustainability using CASBEE-City (A Case Study of Tehran Megalopolis)

Azadeh Zarekar*[1], Esmail Salehi[1], Ahmad Nohegar[1], Khosro Ashrafi[2]

1. Department of Environmental Planning, Management and Education, School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Iran
2. Department of Environmental Engineering, School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Iran

Document Type
Research Paper

Received
Desember 24, 2021

Accepted
May 3, 2022

DOI: 10.22059/JES.2022.336129.1008268

Abstract

Considering the necessity of achieving sustainability in cities, this research aims at assessing the practicality of the CASBEE-City tool for prioritizing development measures and strategies in Tehran Megalopolis, Iran. CASBEE is a method of assessing and rating the environmental performance of a built environment according to the Built Environment Efficiency (BEE) as an assessment index, which is based on the idea of eco-efficiency. This tool provides a composite index (BEE) which is calculated based on the city quality (Q) indices, including environmental, social, and economic aspects and the environmental load (L) covering the annual CO2-eq. emission per capita. The results of applying this tool to Tehran City show that this capital is ranked fairly poor (B-) in 2019, representing low quality and high load. According to the findings, recycling resources, social services, and public transportation, along with the decrease in carbon emissions are to be the priorities in the future city development plans. Presenting the results separated by each index, planners and decision-makers can accurately determine which aspect of the city's quality should be given precedence for realizing sustainability in the mid and long term. A Comprehensive city assessment from the perspective of environmental efficiency is important because it provides guidelines for deciding upon a preferable course of action. This type of assessment should benefit not only citizens and local governments but also national governments. This kind of assessment helps national governments to determine which area should be the focus of further efforts toward improvement.

Keywords: Urban Sustainability, Sustainable Development, Emission Load, Composite Index, Urban Quality

* Corresponding Author: Email: azadeh_zarekar@ut.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

UN-Habitat states there are nearly 2,000 metropolitan areas globally, settling a third of the world's population. As predicted, the majority of the world's population will live in metropolitan areas by 2035. Many assessment indicators and tools for municipalities have been developed to realize sustainability goals. In 2015, the United Nations (UN) has outlined a set of sustainability goals to assess and guide cities and urban developments around the world to pursue sustainable development through a set of 17 Sustainable Development Goals (SDGs). The International Organization for Standardization (ISO) has also established Sustainable Development of Communities: Indicators for City Services and Quality of Life (ISO 37120). A variety of built environment assessment tools have also been developed such as the Building Research Establishment (BRE) Environmental Assessment Method (BREEAM) in the United Kingdom, the Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) system in the United States, and the Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE) in Japan since 1998. The carbon emission reduction calculation in sustainable development has been outlined towards quantifying the reduction of global greenhouse gas (GHG) emissions which was based on the Kyoto Protocol, 1997 in Japan. None of the abovementioned assessment tools calculate carbon emission reduction except the CASBEE.

Comparing the status of world countries based on the Quality of Life Index published by Numbeo.com in 2019, Iran is ranked 70 with an index value of 87.02, which is way lower than the value of its neighbor countries. This necessitates assessing the various aspects of development in Iran, and specifically in its capital, Tehran. In this regard, the aim of this study is to evaluate the Iranian urban settings by applying an original and certified assessment tool. As the CASBEE-City was designed for Japanese cities, this research also seeks to analyze the success of this tool in assessing non-Japanese, developing cities like Tehran.

Materials and Methods

CASBEE is a method of assessing and rating the environmental performance of a built environment according to the Built Environment Efficiency (BEE) as an assessment index, which is based on the idea of eco-efficiency. The calculated BEE value is shown on a two-dimensional graph, called a BEE chart, which plots the Q value on the vertical axis and the L value on the horizontal axis. The assessment will be conducted at the municipal level, the foundation of a society. The higher the Q value representing quality and the lower the L value representing environmental load on the external environment is, the higher the BEE (Q/L) value becomes, which indicates that the city is highly regarded for its excellent environmental efficiency. Based on various criteria and conducted literature review, and the circumstances of the study area in this research, 35 indicators were selected for assessing the environmental quality and load by using the CASBEE-City tool.

Considering the necessity of reaching sustainability in urban areas and for assessing the practicality of the CASBEE-City tool in Iranian cities, Tehran City has been selected as the sole case study and the best option to analyze and apply the tool.

Discussion of Results

35 indicators were selected to cover environmental, social, and economic aspects of the city's quality. All the required data were gathered from reliable sources for the exact boundary of the study area in 2019. Since some economic data were not available for the exact area or time, average provincial or national data were obtained and justified for research use.

The gathered data were entered into an excel worksheet and the scores were then normalized. This step is necessary because the indicators are of different units, so it is not possible to group the indicators; normalization is a crucial justification for composite indicators. According to the CASBEE-City manual for worldwide use, the indicators' scores were then calculated on a 0-5 scale, and the total score of city quality (SQ) was achieved. Environmental load is determined by calculating the greenhouse gas emissions and their equivalent CO_2 emission per capita. To do so, the total amount of consumed petroleum products and natural gas was obtained and separated by sector (i.e. industrial, residential, commercial, and transportation). The total emissions of CH_4 and N_2O were then converted to CO_2 eq. by applying relevant coefficients; then the annual total CO_2 eq. emission was calculated per capita within the study area.

Among the subcategories of Environmental aspects, Local Environment (including air and water quality) has the highest score (4.54); preceded by Nature Conservation (including ratio of green and water spaces, the share of protected areas, and annual change in arable land) with the total score of 2.91 and Resource Recycling (including recycling and incinerated rate of waste) with the total score of 1.87. It is therefore concluded that Tehran City managers and policymakers should focus their attention firstly on waste management, in a way that the share of the recycled and incinerated rate of general waste increases. The next priority is expanding the green and water spaces to improve the per capita area of natural lands. The annual change in arable land in Tehran City is not of that much concern; however, it is necessary to conserve these areas so that they will not decrease in course of time with increasing population and accelerating need for housing.

Among the subcategories of Social Aspect, Social Vitality (including IT, life expectancy, and rate of population change due to migration and death) has the highest score (4.53), followed by Living Environment (including quality of housing, traffic safety, crime prevention, disaster preparedness, and informal settlements) with the total score of 2.98 and Social Service (including public indoor and outdoor recreation spaces, cultural and medical services, etc.) with the total score of 1.42. Based on the results, improving social services, especially cultural, medical, and children and elderly care centers should be among the priorities to improve the social aspect of the city quality. Excelling the situation of public indoor and outdoor recreation spaces needs to be considered in future development policies and spatial planning of Tehran City. Housing quality, informal settlements, and medical services will be the next priorities in the study area to be improved.

Among the subcategories of Economic Aspect, Financial Viability (including tax revenues, GNI index, unemployment rate, etc.) has the highest score (3.62); preceded by Industrial Vitality (including gross regional product, renewable energy sources, etc.) with the total score of 2.13, and Economic Exchange (including public transportation and bicycle lanes) with the total score of 1.48. It is therefore recognized that substantial attention should be given to improving public transportation and increasing bicycle lanes. The next priority should be increasing the gross regional product per capita and extending the infrastructures for urban renewable energy sources. Besides, the employment rate is considerably low in Tehran City which requires strategic and inter-sectional planning at the city scale and beyond it.

Considering the consumption of natural gas in different sectors, the CO_2 emission per capita in Tehran City is lower than the national average; however, the annual amount is significant enough to urge decision-makers to take prompt and proper measures to decrease environmental load; so that the improvement of environmental, social, and economic qualities will guarantee the sustainable and comprehensive development of the city along with declining the load.

Conclusions

Environmental load is considerably high in Tehran; therefore it is required to improve the results of the assessment by introducing low-carbon technologies, eco-friendly policies, promoting eco-friendly behavior of citizens, and other measures. A Comprehensive city assessment from the perspective of environmental efficiency is important because it provides guidelines for deciding upon a preferable course of action. This type of assessment should benefit not only citizens and local governments but also national governments. This kind of assessment helps national governments to determine which area should be the focus of further efforts toward improvement. Assessment results can be used as key information in planning nationwide policies.

محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٨، شمارهٔ ١، بهار ١٤٠١، صفحهٔ ١٠١ – ١٢٣

ارزیابی جامع کیفیت و بار آلودگی درمحیط‌های شهری با هدف دستیابی به توسعه پایدار با استفاده از ابزار CASBEE-City (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)

آزاده زرع‌کار*[1]، اسماعیل صالحی[1]، احمد نوحه‌گر[1]، خسرو اشرفی[2]

۱. گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، ایران
۲. گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱٤۰۰/۱۰/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱٤۰۱/۰۲/۱۳

چکیده

با توجه به اهمیت دستیابی به پایداری در شهرها و ضرورت بهره‌مندی از رویکردی جامع، کاربرد ابزار CASBEE-City برای ارزیابی و اولویت‌بندی استراتژی‌های توسعه در مناطق شهری در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. این ابزار یک شاخص ترکیبی با نام BEE را ارائه می‌کند که بر اساس شاخص‌های کیفیت شهر و بار آلودگی محاسبه می‌گردد. کیفیت شهر شامل جنبه‌های محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی بوده و بار آلودگی سرانه انتشار دی‌اکسید کربن را در نظر می‌گیرد. نتایج استفاده از این ابزار برای شهر تهران نشان می‌دهد که این پایتخت در سال ۱۳۹۸ (۲۰۱۹) در سطح نسبتا ضعیف یا B^- قرار می‌گیرد که بیانگر کیفیت کم و بار آلودگی نسبتا زیاد آن است. بر اساس یافته‌های پژوهش، اقدام عاجل برای کاهش بار آلودگی بالاترین اولویت را دارد. پس از آن، بازیافت منابع در گروه کیفیت محیط زیستی، خدمات اجتماعی در گروه کیفیت اجتماعی و تبادلات اقتصادی در گروه کیفیت اقتصادی بایستی در اولویت‌های بعدی قرار بگیرند. در این مقاله، نتایج هر شاخص به صورت جداگانه و در سطوح مختلف ارائه شده و برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران شهری می‌توانند با استفاده از آن‌ها و برای جنبه‌های مختلف تعیین نمایند که برای دستیابی به توسعه پایدار در این شهر چه اقداماتی ارجح هستند.

کلید واژه ها: توسعه پایدار، کیفیت محیط، بار آلودگی، شاخص ترکیبی، پایداری شهری

سرآغاز

بسیاری از چالش‌های امروزه جهان اعم از فقر شدید، بیکاری، تخریب محیط زیست و تغییر اقلیم به سکونتگاه‌های شهری نسبت داده می‌شوند. شهرنشینی یکی از روندهای اصلی در شکل‌گیری محیط ساخته شده طی قرن ۲۰ و ۲۱ بود؛ بنابراین این تغییر به سمت افزایش محیط‌های شهری در جهان می‌تواند و بایستی به عنوان یک نیروی محرکه برای تضمین توسعه پایدار انسان و اماکن در تمامی کشورها در نظر گرفته شود. برنامه اسکان بشر سازمان ملل متحد[1] اشاره دارد که حدود ۲ هزار ناحیه کلان شهری در سراسر جهان وجود دارد که یک سوم جمعیت دنیا را در خود جای داده‌اند. همان‌طور که پیش‌بینی شده، اکثریت جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۵ در مناطق شهری زندگی خواهند کرد (UN-Habitat, 2020).

در سال ۱۹۹۴، منشور هدایت شهرها و نواحی اروپایی به سمت پایداری[2] در دانمارک با هدف افزایش آگاهی درباره اهمیت انجام اقدامات در سطح شهر برای ایجاد یک جامعه کم‌کربن پذیرفته شد (Murakami, 2009). انجام

*. نویسنده مسئول: Email: azadeh_zarekar@ut.ac.ir

DOI: 10.22059/JES.2022.336129.1008268
DOR: 20.1001.1.10258620.1401.48.1.6.9

ارزیابی‌های چرخه حیات به گرودارانی[۳] (ذی نفعانی) از جمله مقامات دولتی و محققان این امکان را می‌دهد تا شرایط حقیقی شهرها را شناخته، راه‌حل‌هایی را یافته و شهرهای پایدار و سرزنده را محقق نمایند (IBEC, 2015). چالش‌های سکونتگاه‌های شهری در کشورهای در حال توسعه از جمله بیکاری، عدم دسترسی به خدمات پایه،تخریب سریع محیط طبیعی و گسترش سکونتگاه‌های غیررسمی نیز در زمره چالش‌های بین‌المللی بوده و منجر به اثرات جهانی خواهند شد (Cobbinah et al., 2015). به استناد همین دلایل، یک رویکرد جامع و عینی برای مدیریت این چالش‌ها و دستیابی به توسعه پایدار در سطح جهانی ضروری است (Shwe et al., 2017).شهرداری‌ها و مراکز مدیریت شهری شاخص‌ها و ابزارهای ارزیابی متعددی را برای تحقق اهداف پایداری به کار گرفته‌اند. سازمان ملل متحد۴ در سال ۲۰۱۵ و در قالب اهداف ۱۷گانه توسعه پایدار۵ مجموعه‌ای از چارچوب‌ها را برای ارزیابی و هدایت شهرها به سمت پایداری تدوین کرد. سازمان بین‌المللی استاندارد۶ نیز مجموعه شاخص‌هایی را تحت عنوان توسعه پایدار جوامع: شاخص‌هایی برای خدمات و زندگی شهری (ISO 37120,2018) معرفی کرده است (Hakim et al. 2019). علاوه بر این، مطالعات دانشگاهی متعددی نیز برای ارزیابی پایداری شهرها انجام شده‌اند؛ از جمله: مطالعه GaWC، شاخص شهرهای جهانی (Kearney, 2014)، شاخص قدرت جهانی شهرها، شاخص رقابت‌پذیری بین‌المللی شهرها و پیمایش کیفیت زندگی. همچنین، ابزارهای متنوعی برای ارزیابی محیط ساخته شده بسط داده شده‌اند از جمله روش ارزشیابی محیط۷ توسط موسسه تحقیقات ساختمانی۸ انگلستان، سیستم راهبری در طراحی محیط و انرژی۹ در ایالات متحده و سیستم ارزیابی جامع کارایی محیط ساخته شده۱۰ (CASBEE) از سال ۱۹۹۸ در ژاپن. محاسبه کاهش انتشار کربن در توسعه پایدار پس از پذیرفته شدن پروتکل کیوتو در ژاپن در سال ۱۹۹۷ به تلاش‌ها برای کاهش گازهای گلخانه‌ای در جهان سمت‌وسو بخشید (Cole, 2005). توسعه‌های شهری مسئول ۷۰٪ از انتشار کربن در سراسر جهان هستند و به همین دلیل شهرنشینی را به یکی از عوامل اصلی گرمایش جهانی تبدیل کرده است (Hakim et al., 2019). هیچ‌یک از ابزارهای فوق‌الذکر به جز CASBEE انتشار کربن و کاهش آن را در الزامات خود لحاظ نکرده‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. ارزیابی جامعیت روش CASBEE در مقایسه با سایر روش‌ها

نام روش	معیارهای مورد بررسی						امتیاز کل
	اقتصاد	اجتماع	محیط زیست	وزن دهی یکسان	کاهش انتشار کربن	اعتبار جهانی	
Compass Index of Sustainability	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۴
Sustainable Cities Index	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۳
Ecosisteme Urbano Performance Index	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۳
MURNInets	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۴
CASBEE-City	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۶

۱ = دارا بودن ویژگی / ۰ = دارا نبودن ویژگی

ماخذ: Hakim et al., 2019

به طور کلی، CASBEE شامل چهار ابزار ارزیابی است: (۱) برای پیش از طراحی ساختمان‌ها، (۲) برای ساخت‌وسازهای جدید، (۳) برای بناهای موجود و (۴) برای بازسازی ابنیه. به تمام این ابزارها برای اهداف مختلف خانواده CASBEE گفته می‌شود. برای شهرها CASBEE for Cities مورد استفاده قرار می‌گیرد که یک سیستم برای

ارزشیابی جامع عملکرد محیط زیستی شهرها بوده و بر سه محور محیط زیست، جامعه و اقتصاد استوار است (IBEC, 2020). CASBEE-City بهبود کارایی محیط ساخته شده را از طریق محاسبه شاخص ترکیبی "کارایی محیط ساخته شده"۱۱ با تقسیم کیفیت زندگی۱۲ (Q) بر بار آلودگی۱۳ (L) ناشی از انتشار کربن در محدوده شهری می‌سنجد. CASBEE-City در ژاپن موفقیت چشمگیری کسب کرد و به سایر شهرهای جهان گسترش یافت. نسخه جهانی این ابزار در سال ۲۰۱۵ بسط یافت و شاخص‌های ارزیابی آن شامل ۷۲ مورد بر اساس اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد و استاندارد توسعه پایدار جوامع ISO 37120 می‌باشد (Hakim et al., 2019).

بر اساس رتبه‌بندی کشورهای جهان توسط شاخص توسعه انسانی۱۴ در سال ۲۰۱۹، ایران جزو کشورهایی با رتبه ۷۰ و تقریبا بالا است (UNDP, 2020). با مقایسه وضعیت کشورهای جهان بر اساس شاخص کیفیت زندگی منتشر شده توسط Numbeo.com در سال ۲۰۱۹، ایران رتبه ۷۰ را با سطح ۸۷/۰۲ دارد که نسبت به کشورهای همسایه خیلی پایین‌تر است؛ برای مثال قطر سطح ۱۶۷/۸۴، امارات متحده عربی سطح ۱۶۷/۸۱، عربستان سعودی سطح ۱۵۲/۷۲ و ترکیه سطح ۱۲۵/۵۱ را دارند. این موارد اهمیت ارزیابی جنبه‌های مختلف توسعه در ایران و به ویژه پایتخت آن را تبیین می‌کنند. در این رابطه، هدف این تحقیق ارزیابی محیط‌های شهری ایران با استفاده از یک ابزار اصیل و معتبر است. از آنجا که CASBEE-City برای شهرهای ژاپن طراحی شده بود، این تحقیق همچنین به بررسی موفقیت این ابزار در محیط‌های غیر ژاپنی و شهرهای در حال توسعه ازجمله تهران می‌پردازد. بنابراین، هدف این پژوهش بررسی پایداری با مطالعه امکان استفاده از این ابزار در محیط شهرهای ایران و به طور خاص در منطقه مطالعاتی انتخاب شده – شهر تهران در بخش مرکزی استان تهران – است. ارزیابی اثربخشی خط‌مشی‌های شهری به مدیران، شهروندان و بخش صنعت کمک می‌کند تا وضعیت فعلی کیفیت شهر را شناخته و برای دستیابی به آینده پایدار تلاش و همکاری نمایند.

این ابزار تا کنون در مطالعات متنوعی در شهرهای مختلف جهان مورد استفاده قرار گرفته است. برای مثال، Blanche Verges (۲۰۰۹) ابزار CASBEE-City را برای بررسی موفقیت آن در شهرهای غیر ژاپنی مانند مادرید و بارسلونا استفاده کرد. در تحقیق وی، به هر دسته شاخص با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزنی داده شد. نتایج برای سال‌های بین ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ ارائه شدند که بیانگر بهبود و توسعه کمی و کیفی این دو شهر بین این ۵ سال بود. Kawakubo و همکارن (2011) یک ارزیابی ملی از عملکرد شهرها بر اساس کارایی محیط زیستی انجام دادند. آن‌ها در مطالعه خود، نسخه مختصر CASBEE-City را از طریق ساده‌سازی چارچوب ارزیابی نسخه اصلی بسط دادند. مزایای این نسخه دسترسی آسان‌تر به داده‌ها و صرفه‌جویی در زمان و منابع انسانی بود. گرچه چارچوب ارزیابی در این نسخه ساده‌سازی شده اما همچنان اجزای کلیدی نسخه اصلی را دربر می‌گیرد. نتایج بدست آمده از هر دو نسخه یکی بود که این یافته کارایی هر دو نسخه را نشان می‌دهد. Kawakubo و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه دیگری به بررسی صحت و اعتماد به ابزار CASBEE-City پرداختند. آن‌ها اثربخشی این ابزار در ژاپن را با بررسی آماری ارتباط بین نتایج مطالعات بر اساس اطلاعات آماری عمومی و یک ارزیابی ذهنی بر اساس پیمایش رضایت شهروندان در سطح کشور انجام دادند. نتایج نشان دادند که همبستگی معناداری بین ارزیابی ذهنی و عینی وجود دارد که شاهدی برای اثربخشی این ابزار است. Takigami و همکاران (۲۰۱۴) ابزار CASBEE-City را برای صحت‌سنجی کاربرد آن در شهرهای در حال توسعه در شهر پوتراجایا مالزی به کار بردند. بر اساس نتایج به دست آمده، امتیاز BEE برای این شهر از میزان متوسط جهانی کمتر بود؛ به عبارت دیگر بار آلودگی از بهبود کیفیت زندگی پیشی گرفته است. Shwe و همکاران (۲۰۱۷)

تحقیقی را در رابطه با پتانسیل استفاده از CASBEE-City در شهر پتین میانمار انجام دادند. چارچوب تحقیقاتی بر اساس سه فاز اصلی شکل گرفت: رویکرد کمی، رویکرد کیفی و نتایج ارزشیابی. نویسندگان در نهایت این پیشنهاد را مطرح کردند که برای استفاده CASBEE-City در کشورهای در حال توسعه بایستی شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی بیشتری در بررسی‌ها لحاظ شوند تا وضعیت دقیق‌تری از میزان پایداری در آن‌ها را نشان دهند. Hakim و همکاران (۲۰۱۹) استفاده از ابزار CASBEE-City را برای شهرهای مالزی با انتخاب شهر جوهور بهرو۱۵ به عنوان نمونه موردی بررسی کردند و شاخص‌ها را بر اساس سهولت دسترسی، صحت و تناسب با موضوع و با توجه به نظرات یک گروه کارشناسی انتخاب کردند. در این پژوهش، این ابزار با شبکه شاخص‌های پایداری شهری – روستایی مالزی۱۶ مورد مقایسه قرار گرفت تا ارتباط بین روش‌شناسی، شاخص‌های ارزیابی و گستره آن‌ها مشخص شود. به طور کلی، با توجه به مرور منابع صورت گرفته مشخص می‌گردد که ابزار CASBEE-City یک ابزار کاربردی برای سنجش پایداری در مناطق شهری است؛ گرچه این ابزار هیچ‌گاه برای شهرهای کشور ایران به ویژه پایتخت آن مورد استفاده قرار نگرفته است. بنابراین، هدف این تحقیق بررسی کاربرد آن در شهر تهران به عنوان نمونه موردی است و اینکه آیا این ابزار می‌تواند برای سنجش پایداری سایر شهرهای ایران به کار گرفته شود یا خیر.

مواد و روش بررسی

چارچوب CASBEE-City

CASBEE یک چارچوب ارزیابی و امتیازدهی به عملکرد محیط زیستی محیط ساخته شده بر اساس شاخص ترکیبی کارایی محیط ساخته شده است که در حقیقت کارایی اکولوژیکی را مدنظر قرار می‌دهد. سیستم امتیازدهی آن ۵ درجه دارد که در جدول زیر نمایش داده شده است (IBEC, 2015).

جدول ۲. نحوه امتیازدهی نتایج در چارچوب CASBEE

رتبه	ارزیابی	مقادیر BEE	درجه
S	عالی	$BEE \geq ۳$	*****
A	بسیار خوب	$۱/۵ \leq BEE \leq ۳$	****
B^+	خوب	$۱ \leq BEE \leq ۱/۵$	***
B^-	نسبتا ضعیف	$۰/۵ \leq BEE \leq ۱$	**
C	ضعیف	$۰/۵ \leq BEE$	*

پس از محاسبه شاخص BEE می‌توان آن را در یک نمودار دو بعدی نشان داد که در محور عمودی امتیاز کیفیت و در محور افقی امتیاز بار آلودگی قرار دارد. شیب خط مستقیمی که از مبدا نمودار (0.0) تا محل تلاقی مقادیر Q و L رسم می‌شود، بیانگر میزان شاخص و رتبه شهر است (Kawakubo et al,. 2011). بسط نسخه اولیه این ابزار در سال ۲۰۰۸ در ژاپن آغاز شد و در سال ۲۰۱۱ پس از بررسی‌های تخصصی کارشناسان ارائه گردید (Murakami et al., 2011). نسخه دوم و اصلاح شده آن در سال ۲۰۱۲ منتشر شد که نظرات اصلاحی کارشناسان بین‌المللی را در برگرفته بود (JSBC, 2012) (Kawakubo et al., 2014). در سال ۲۰۱۵، نسخه بین‌المللی آن برای استفاده در سراسر جهان عرضه شد که برای شهرهای مختلف در کشورهای توسعه‌یافته و یا در حال توسعه قابلیت کاربرد داشت. ارزیابی با استفاده از این ابزار در سطح شهر خواهد بود که با توجه به محدوده هر شهر می‌توان یک مرز فرضی برای آن در نظر گرفت.

هر چه امتیاز Q بیشتر و امتیاز L کمتر باشد شاخص BEE بیشتر شده که بیانگر درجه بالای کارایی محیط زیستی برای آن محدوده است (Kawakubo et al., 2014).

این روش محاسبه از ویژگی‌های منحصر به فرد CASBEE است که تفاوت آن با سایر روش‌های ارزیابی معمول را که صرفا به محاسبه امتیازهای یک منطقه می‌پردازند، مشخص می‌کند (Kawakubo et al., 2011). CASBEE-City رویکردی چندجانبه به کیفیت و عملکرد شهر بر اساس محورهای سه‌گانه محیط زیست، اقتصاد و اجتماع دارد. ارزیابی بار آلودگی در این روش محدود به انتشار گازهای گلخانه‌ای است که به صورت سرانه سالانه انتشار معادل دی‌اکسید کربن محاسبه و ارائه می‌گردند تا بتوان ارزیابی جامعی فارغ از میزان جمعیت داشت (JSBC, 2012). برای تعیین شاخص‌های ارزیابی، معیارهای مشخصی توسط محققان و توسعه‌دهندگان ابزار ارائه شده‌اند تا بتوان مجموعه مناسبی از شاخص‌ها را برای یک محدوده به کار گرفت. باید توجه داشت شاخص‌ها به دلخواه محققان تعیین نشده و بر اساس مجموعه‌ای از عوامل و نظرهای کارشناسی انتخاب می‌گردند (OECD, 2002).

در انتخاب شاخص‌ها بایستی معیارهای متعددی مد نظر قرار بگیرند؛ از جمله: دسترسی و اعتماد به داده (Barrera-Roldán and Saldıvar-Valdés, 2002)، تهیه شاخص با هزینه معقول (Atkinson et al., 1997)، امکان درک شاخص‌ها توسط شهروندان بدون نیاز به دانش تخصصی (Lee and Huang, 2007)، دربرگرفتن حجم زیادی از اطلاعات (Barrera-Roldán and Saldıvar-Valdés, 2002) و تناسب با هدف ارزیابی (Hakim et al., 2019). به عبارت دیگر، شاخص‌ها بایستی گویا، در دسترس، پیوسته، قابل اعتماد، قابل تهیه، ساده و کمی باشند. بر اساس معیارهای فوق و مرور منابع انجام شده و وضعیت محدوده مطالعاتی مد نظر در این پژوهش، ۳۵ شاخص برای ارزیابی کیفیت محیط و بار آلودگی شهر تهران برای استفاده در ابزار CASBEE-City انتخاب شدند. سعی بر این بود تا شاخص‌های ارزیابی بیشترین ارتباط را با هدف پژوهش داشته و تمام جنبه‌های کیفیت شهر را در برگیرند. به منظور ارزیابی بهره‌وری محیط زیستی منطقه مطالعاتی با استفاده از ابزار CASBEE-City، شاخص‌های آماری بر اساس دستورالعمل جهانی آن انتخاب شدند (جدول ۳).

جدول ۳. شاخص‌های انتخاب شده برای ارزیابی جامع کیفیت شهر تهران بر اساس ابزار CASBEE-City

	گروه			واحد	شاخص مورد بررسی و نحوه محاسبه
	اصلی	فرعی	زیردسته		
کیفیت (Q)	Q1 جنبه‌های محیط زیستی	Q1.1 حفاظت از محیط زیست	Q1.1.1 نسبت فضای سبز و پهنه‌های آبی	٪	مساحت فضای سبز شهری+ مساحت دریاچه‌های شهری / مساحت مناطق ۲۲ گانه
			Q1.1.2 تغییرات سالیانه در مساحت زمین‌های زراعی	٪	تعیین درصد تغییر در زمین‌های قابل کشت در سال ۹۸ نسبت به سال ۹۷
			Q1.1.3 سهم مناطق حفاظت شده از مساحت کل	٪	تعیین نسبت مناطق حفاظت‌شده به کل مساحت مناطق ۲۲گانه
		Q1.2 محیط زیست محلی	Q1.2.1 کیفیت هوا	روز	تعیین تعداد روزهایی که غلظت آلاینده $PM_{2.5}$ بیشتر از حد استاندارد است
			Q1.2.2 کیفیت آب	٪	تعیین نسبت خانوارهایی که به منبع آب آشامیدنی سالم دسترسی دارند به کل خانوارها
		Q1.3 بازیافت منابع	Q1.3.1 نرخ بازیافت پسماند	٪	تعیین نرخ بازیافت زباله (میزان مواد بازیافتی خطوط پردازش / متوسط تناژ زباله خشک)
			Q1.3.2 نرخ سوزاندن پسماند	٪	تعیین نرخ سوزاندن زباله (میزان ریجکت حمل شده به زباله سوز / متوسط تناژ زباله خشک)
	Q2 جنبه‌های اجتماعی	Q2.1 محیط زندگی	Q2.1.1 کفایت مسکن	مترمربع	تعیین سرانه زمین مسکونی به ازای هر فرد
			Q2.1.2 امنیت ترافیکی	واحد: به ازای هر ۱۰۰۰ نفر	تعداد فوت‌شدگان بر اثر تصادف‌های جاده‌ای درون‌شهری / جمعیت شهر (مناطق ۲۲ گانه)
			Q2.1.3 پیشگیری از جرم	واحد: به ازای هر	تعداد خودکشی‌های موفق / جمعیت شهر

گروه			واحد	شاخص مورد بررسی و نحوه محاسبه
اصلی	فرعی	زیردسته		
			۱۰۰۰ نفر	(مناطق ۲۲ گانه)
		Q2.1.4 آمادگی در برابر سوانح	واحد: به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر	تعداد تخت‌های بیمارستانی / جمعیت شهر (مناطق ۲۲ گانه)
		Q2.1.5 جمعیت ساکن در سکونتگاه‌های غیررسمی	٪	جمعیت ساکن در سکونتگاه‌های غیررسمی و مناطق حاشیه‌ای / جمعیت شهر (مناطق ۲۲ گانه)
	Q2.2 خدمات اجتماعی	Q2.2.1 کفایت خدمات آموزشی	نفر	تعداد کل دانش‌آموزان مقاطع مختلف تحصیلی / تعداد کل معلم‌های مقاطع مختلف تحصیلی
		Q2.2.2 کفایت مراکز فرهنگی	سرانه	تعداد مراکز خدمات فرهنگی / جمعیت شهر (مناطق ۲۲ گانه)
		Q2.2.3 کفایت خدمات پزشکی	واحد: به ازای هر ۱۰۰۰ نفر	تعداد پزشکان / جمعیت شهر (مناطق ۲۲ گانه)
		Q2.2.4 کفایت مراکز نگهداری از کودکان	واحد: به ازای هر ۱۰۰ نفر	تعداد مراکز نگهداری از کودکان / جمعیت ۰ تا ۴ ساله
		Q2.2.5 کفایت مراکز نگهداری از سالمندان	واحد: به ازای هر ۱۰۰۰ نفر	ظرفیت مراکز نگهداری از سالمندان / جمعیت بالای ۶۵ سال
		Q2.2.6 سرانه فضاهای تفرجی سرپوشیده	مترمربع	مساحت کل فضاهای تفرجی/ورزشی سرپوشیده / جمعیت شهر (مناطق ۲۲ گانه)
		Q2.2.7 سرانه فضاهای تفرجی روباز	مترمربع	مساحت کل فضاهای تفرجی/ورزشی روباز / جمعیت شهر (مناطق ۲۲ گانه)
	Q2.3 سرزندگی اجتماعی	Q2.3.1 نرخ تغییرات در جمعیت به دلیل ولادت و وفات	٪	(تعداد ولادت – تعداد وفات) / جمعیت شهر (مناطق ۲۲ گانه)
		Q2.3.2 نرخ تغییرات در جمعیت به دلیل مهاجرت	٪	(تعداد مهاجران وارد شده – تعداد مهاجران خارج شده) / جمعیت شهر (مناطق ۲۲ گانه)
		Q2.3.3 امید به زندگی	سال	میانگین امید به زندگی بین زنان و مردان در سال ۹۸
		Q2.3.4 فضای فناوری اطلاعات	به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ خانوار	تعداد خانوارهای دارای دسترسی به اینترنت به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ خانوار
Q3 جنبه‌های اقتصادی	Q3.1 سرزندگی صنعتی	Q3.1.1 مقدار معادل با تولید ناخالص منطقه‌ای	سرانه به ریال	–
		Q3.1.2 سرانه مصرف انرژی الکتریکی	سرانه به Kwh/Year	مصرف کل انرژی / جمعیت شهر تهران (مناطق ۲۲ گانه)
		Q3.1.3 منابع انرژی تجدیدپذیر	درصد	تعیین درصد انرژی تامین شده از منابع تجدیدپذیر به نسبت کل مصرف انرژی
	Q3.2 سرزندگی مالی	Q3.2.1 درآمدهای مالیاتی	سرانه به ریال	میانگین درآمدهای مالیاتی هر فصل در سال ۹۸ / جمعیت شهر تهران (مناطق ۲۲ گانه)
		Q3.2.2 مشارکت اقتصادی	٪	درصد تعداد افراد دارای شغل / جمعیت نیروی کار
		Q3.2.3 نرخ بیکاری در شهر	٪	–
		Q3.2.4 مشارکت اقتصادی زنان	٪	برآورد نرخ اشتغال زنان
		Q3.2.5 ضریب جینی (GNI)	٪	–
	Q3.3 معامله انتشار	Q3.3.1 تجارت کربن	–	–
	Q3.4 مبادلات اقتصادی	Q3.4.1 ظرفیت حمل‌ونقل عمومی	کیلومتر به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر	طول شبکه حمل‌ونقل عمومی به ازای هر ۱۰۰ نفر جمعیت
		Q3.4.2 سهم حمل‌ونقل عمومی از سفرهای درون‌شهری	سرانه	تعداد سفرهای حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری در سال / جمعیت شهر تهران (مناطق ۲۲ گانه)
		Q3.4.3 خطوط مخصوص	کیلومتر به ازای هر	–

	گروه			واحد	شاخص مورد بررسی و نحوه محاسبه
	اصلی	فرعی	زیردسته		
			دوچرخه‌سواری	۱۰۰۰۰۰ نفر	
بار آلودگی(L)	L1 انتشار گازهای گلخانه‌ای	L1.1 انتشار دی‌اکسید کربن از منابع انرژی	L1.1.1 بخش صنعتی	$t\text{-}CO_2$ / Person	-
			L1.1.2 بخش مسکونی	$t\text{-}CO_2$ / Person	-
			L1.1.3 بخش تجاری	$t\text{-}CO_2$ / Person	-
			L1.1.4 بخش حمل‌ونقل	$t\text{-}CO_2$ / Person	-

ماخذ: دستور العمل استفاده از نسخه بین‌المللی ابزار IBEC, 2015 – CASBEE for Cities.

نرمالیزه کردن۱۷ (رفع اختلاف مقیاس)

برای ساختن شاخص‌های ترکیبی معمولا طیف گسترده‌ای از شاخص‌های فرعی و با مقیاس‌های متفاوت استفاده می‌شوند. از آنجایی که شاخص‌های مورد استفاده دارای مقیاس‌های مشابهی نبوده، جمع کردن آن‌ها امکان‌پذیر نیست. به همین دلیل لازم است تا شاخص‌ها فارغ از مقیاس و بدون بعد شوند تا امکان جمع‌کردن آن‌ها با یکدیگر میسر شود. این کار به نرمالیزه کردن یا رفع اختلاف مقیاس بین شاخص‌ها موسوم است. روش نرمالیزه کردن داده‌های خام به ویژگی‌های منتغیرها و شاخص‌های فرعی به اهداف پژوهش بستگی دارد. امروزه روش‌های آماری متعددی برای نرمالیزه کردن داده‌ها مطرح شده‌اند، از جمله روش رتبه‌ای، روش مقیاس مجدد، روش تقسیم بر میانگین و غیره (کلانتری، ۱۳۸۱). با توجه به متدولوژی هر یک از روش‌های اشاره شده و مزایا و محدودیت‌های هریک، بر اساس هدف این تحقیق روش ضریب محرومیت برای نرمال کردن شاخص‌ها مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که این روش توسط برنامه عمران سازمان ملل متحد (UNDP) نیز برای محاسبه شاخص توسعه انسانی۱۸ کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (رابطه ۱).

(۱)

$$Xi = \frac{Actual\ Value - Minimum\ Value}{Maximum\ Value - Minimum\ Value}$$
$$\gg \quad Development\ Score = 1 - Xi$$

در این پژوهش پس از کسب آمار و اطلاعات مورد نیاز از محدوده مطالعاتی در بازه زمانی مورد بررسی، با استفاده از رابطه فوق نسبت به رفع اختلاف مقیاس شاخص‌ها یا اصطلاحا نرمالایز کردن آن‌ها اقدام شد و با توجه به دستورالعمل ابزار CASBEE-City امتیازات به دست آمده برای هر شاخص در مقیاس ۰ تا ۵ قرار گرفتند.

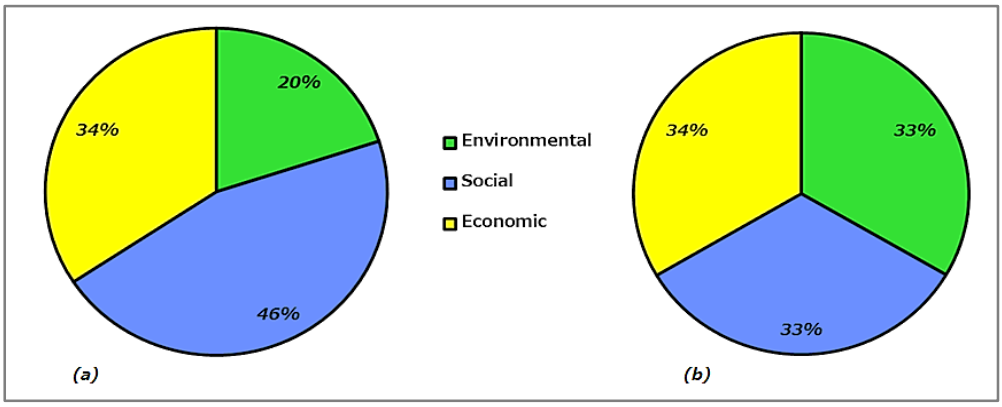
وزن‌دهی به گروه‌های اصلی

در بسیاری از موارد، پس از آنکه شاخص‌ها رفع اختلاف مقیاس یا بدون بعد شدند، شاخص ترکیبی بر اساس آن‌ها محاسبه می‌شود؛ اما برخی از پژوهشگران بر تعیین وزن برای هر کدام از شاخص‌ها تاکید دارند. لذا پس از آنکه اختلاف مقیاس بین شاخص‌ها از بین رفت، مهم‌ترین موضوع تعیین وزن برای هر کدام از شاخص‌ها است. البته مانند روش‌های نرمالیزه کردن، برای وزن‌دهی نیز هیچ‌گونه روش جامع و فراگیری که مورد پذیرش همه پژوهشگران باشد، وجود ندارد. بر اساس روش‌شناسی ابزار CASBEE-City، وزن‌دهی به محورهای اصلی (شامل محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی) ضرورتی ندارد؛ چرا که هدف توسعه پایدار و یکسان تمامی جنبه‌های کیفیت محیط بوده و وزن‌دهی باعث می‌شود اهمیت یک محور بیشتر شده و ضعف‌های موجود در محور(های) دیگر مورد غفلت قرار گیرند. با این وجود، با توجه به اینکه تعداد شاخص‌های موضوعی مورد استفاده در این پژوهش تعداد یکسانی نداشتند، ضریبی برای هر یک از محورها در نظر گرفته شد تا همگی دارای وزن یکسانی باشند و امکان مقایسه بین آن‌ها وجود داشته باشد. این اقدام در راستای سعی بر پایبندی کامل به نسخه استاندارد بود؛ از طرف

دیگر نگارندگان بر این باورند بودند که برای دستیابی به توسعه پایدار و همه جانبه در شهر تهران بایستی تمام جنبه‌ها با همدیگر و در یک سطح از ارزش در نظر گرفته شوند. در این راستا، نسبت به محاسبه ضریب (جدول ۴) با هدف یکسان کردن وزن دسته‌ها اقدام شد (تصویر ۱). درصد یکسان‌سازی و ایجاد توازن بین گروه‌ها، از تقسیم تعداد کل شاخص‌ها (۳۵) به تعداد گروه‌ها (۳) و تعداد شاخص‌های موجود در هر گروه محاسبه شد. در نهایت این ضریب‌ها بر امتیاز نهایی و نرمالایز شده هر یک از گروه‌ها اعمال شدند.

جدول ۴. ضریب اعمال شده بر هر یک از شاخص‌های موضوعی

شاخص موضوعی	تعداد زیردسته‌ها	ضریب اعمال شده
محیط زیستی	۷	۱/۶۶
اجتماعی	۱۶	۰/۷۲
اقتصادی	۱۲	۰/۹۷



تصویر ۱. درصد ابتدایی (a) و اصلاح شده (b) پراکنش زیردسته‌ها در هر یک از شاخص‌های موضوعی

محدوده مطالعاتی

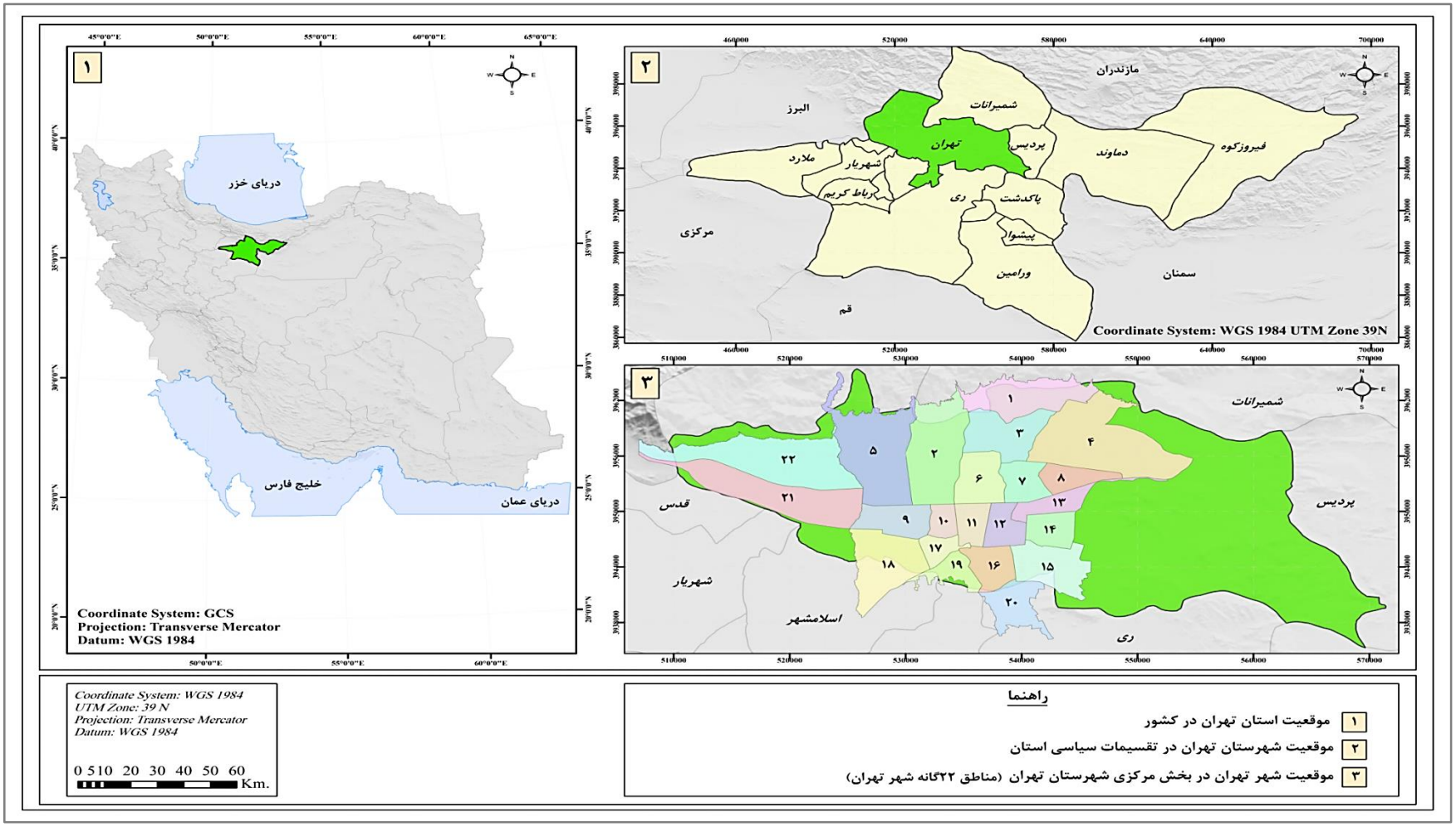
با توجه به ضرورت دستیابی به پایداری در محیط‌های شهری و به منظور ارزیابی کاربرد ابزار CASBEE-City در شهرهای ایران، شهر تهران به دلایل مختلف به عنوان نمونه موردی انتخاب گردید. دلیل اول، تهران پرجمعیت‌ترین شهر ایران است که بیش از ۱۶٪ از جمعیت کشور را در بر می‌گیرد (سازمان آمار ایران، ۱۳۹۶). دلیل دوم، این شهر به دلیل تلاش‌های مقامات محلی آن برای بهبود وضعیت محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی مورد اهمیت بوده و با توجه به جایگاه پایتختی خود انتخاب شد. این اقدامات در برنامه‌های پنج‌ساله توسعه شهری تهران لحاظ شده و توسط شهرداری تهران بزرگ منتشر شده‌اند. شهر تهران از ۲۲ منطقه تشکیل شـده و در استان تهـران، شهـرستان تهـران و بخش مرکزی کشور ایران قرار دارد (تصویر ۲). تهران مرکز شبکه حمل‌ونقل ایران بوده و بیش از ۴۰٪ از فعالیت‌های اقتصادی کشور در آن رخ می‌دهد (سازمان آمار ایران، ۱۳۹۶). این شهر که سابقه‌ای بیش از ۱۰۰ سال دارد اکنون به دلیل تمرکز حاکمیت و بهبود رفاه اجتماعی به کلان‌شهری مدرن تبدیل شده است. توزیع جمعیت در شهر تهران و مناطق حاشیه‌ای آن تقریبا نامتوازن بوده که تفاوت تراکم جمعیتی بین جنوب (۳۰۰ نفر در هکتار) و شمال آن (۴۰–۹۰ نفر در هکتار) چشمگیر است. نقشه کاربری اراضی منطقه مطالعاتی در تصویر ۳ نمایش داده شده است. فهرستی از مهم‌ترین اطلاعات شهر تهران در جدول ۵ و ماخذ تهیه داده‌های آماری برای هر یک از شاخص‌ها در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۵. ویژگی‌های عمومی شهر تهران

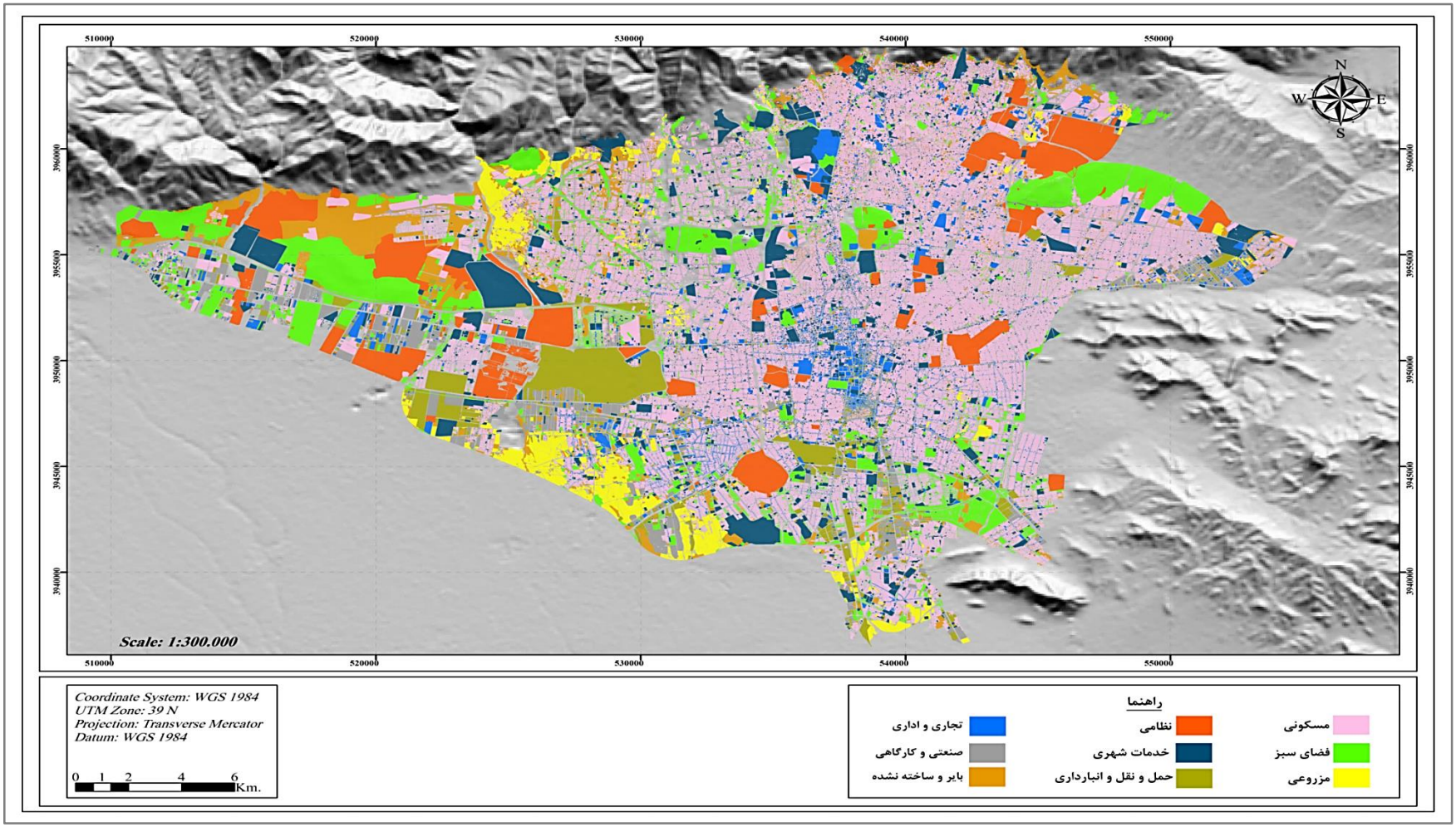
ردیف	ویژگی	توضیح	ردیف	ویژگی	توضیح
۱	عرض جغرافیایی	۳۵ ۴۰ N	۲	طول جغرافیایی	۲۶ ۵۱ E
۳	مساحت	۶۱۵۶۲ هکتار	۴	جمعیت	۹۴۲۳۷۰۳
۵	تعداد مناطق	۲۲	۶	تعداد محلات	۳۵۳
۷	مساحت کل فضاهای سبز	۵۷۰۵۰ هکتار	۸	مساحت کل پهنه‌های آبی	۲۳۶/۶۴ کیلومتر مربع
۹	اندازه خانوار	۲/۹	۱۰	نرخ اشتغال	۳۵/۲

جدول ۶. ماخذ تهیه داده‌های آماری مورد استفاده

ردیف	داده‌های مورد استفاده	ماخذ	دسترسی
۱	داده‌های مربوط به بخش سرزندگی اجتماعی	مرکز آمار ایران	https://www.amar.org.ir
۲	داده‌های بخش مبادلات اقتصادی	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان تهران	http://www.thmporg.ir
۳	داده‌های بخش سرزندگی مالی	بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران	https://www.cbi.ir
۴	داده‌های مربوط به مصرف انرژی	شبکه آمار و اطلاعات وزارت نیرو	https://isn.moe.gov.ir/
۵	داده‌های بخش خدمات اجتماعی و محیط زندگی	سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران	https://tmicto.tehran.ir
۶	داده‌های بخش انتشار دی‌اکسید کربن از منابع انرژی	شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران	https://niordc.ir/
۷	داده‌های مربوط به اشتغال	وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی	https://www.mcls.gov.ir
۸	داده‌های مربوط به مسکن و سکونتگاه‌های غیررسمی	وزارت راه و شهرسازی جمهوری اسلامی ایران	https://www.mrud.ir
۹	داده‌های مربوط به بخش حفاظت از محیط زیست	سازمان بوستان‌ها و فضای سبز شهر تهران	https://parks.tehran.ir



تصویر ۲. موقعیت محدوده مطالعاتی در نقشه تقسیمات سیاسی کشور و استان تهران

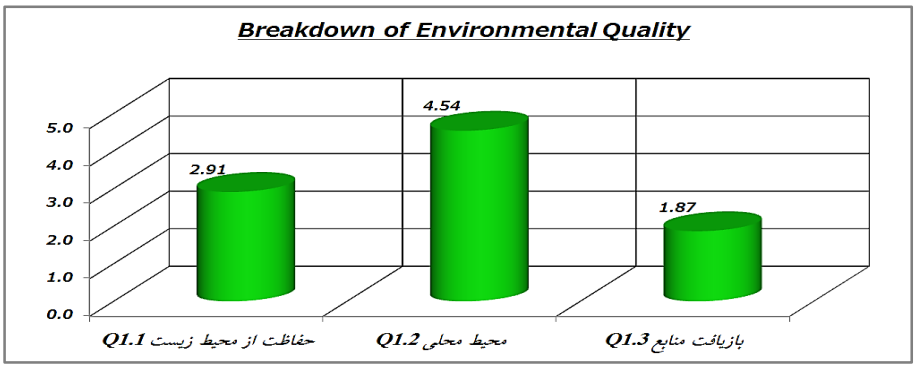


تصویر ۳. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه (منبع: پایگاه داده‌های مکانی طرح جامع شهر تهران؛ ۱۳۸۶)

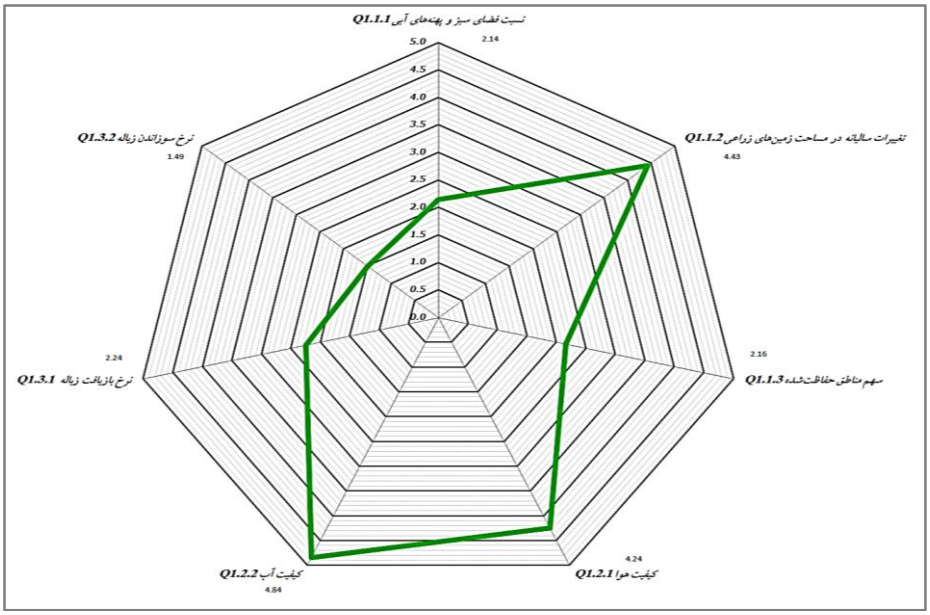
نتایج

محاسبه کیفیت محیط و بار آلودگی

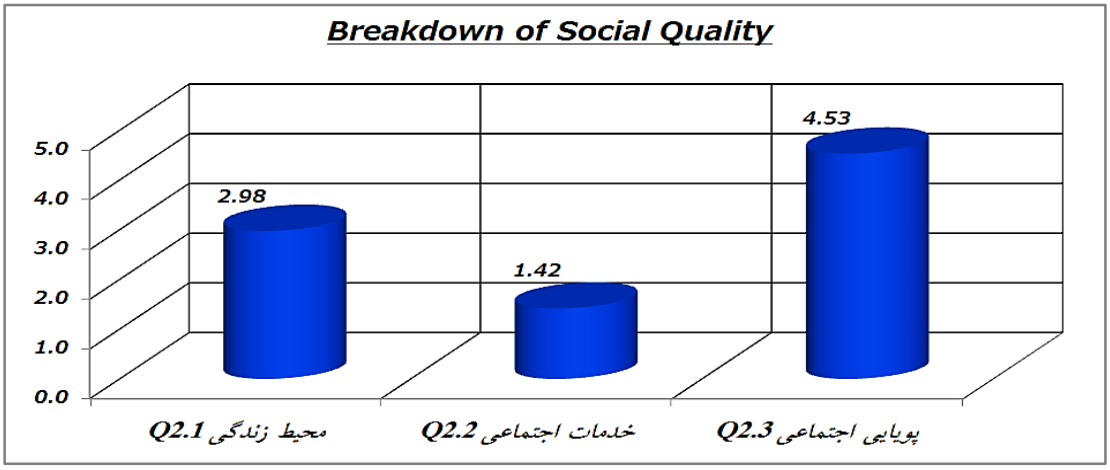
پس از تبیین ضرورت ارزیابی پایداری در مناطق شهری و انتخاب شهر تهران به عنوان محدوده مطالعاتی، در این تحقیق با استفاده از ابزار CASBEE-City به بررسی کیفیت محیط و بار آلودگی آن پرداخته شد تا بتوان رویکردی جامع برای مدیران و سیاست‌گذاران در مدیریت شهر فراهم کرد. در این رابطه، ۳۵ شاخص برای پوشش جنبه‌های محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی انتخاب شدند. تمامی داده‌ها از منابع و مراکز موثق و برای محدوده مناطق ۲۲گانه شهر تهران در سال ۱۳۹۸ تهیه شدند. از آنجا که تعدادی از داده‌های اقتصادی دقیقا برای بازه زمانی و مکانی مدنظر وجود نداشتند، آمارهای تعدیل شده استانی یا کشوری مورد استفاده قرار گرفتند. در ادامه، داده‌های بدست آمده وارد یک صفحه گسترده اکسل شده و سپس با توجه به متدولوژی ذکر شده نرمالایز گردیدند و در مقیاس ۰ تا ۵ صفر قرار گرفتند. مجموع امتیازهای بدست آمده از شاخص‌های کیفیت محیط که با نماد SQ نمایش داده می‌شود، در محاسبه شاخص ترکیبی BEE مورد استفاده قرار خواهد گرفت. با این وجود می‌توان با بصری‌سازی امتیازها به تفکیک هر گروه اصلی (محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی) و زیردسته‌ها اولویت‌های مدیریتی در محدوده مطالعاتی را مشخص کرد؛ این موارد در ادامه و به صورت نمودارهای راداری/عنکبوتی و میله‌ای ارائه و تفسیر شده‌اند.



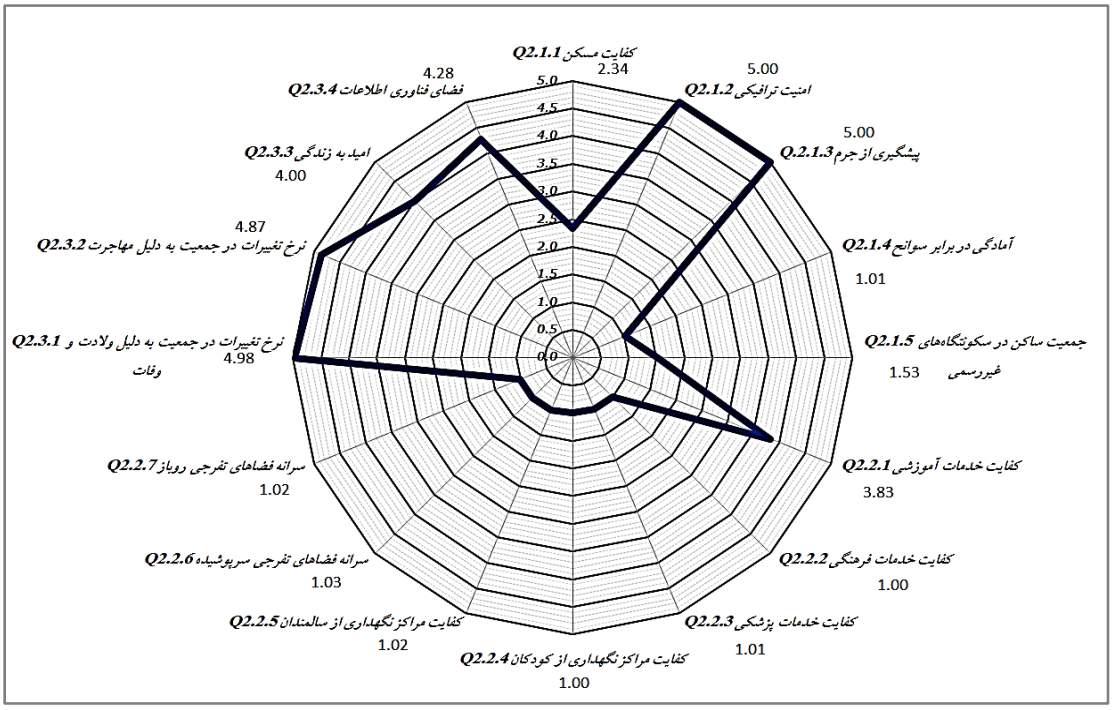
تصویر ۴. امتیاز کیفیت محیط زیستی شهر تهران به تفکیک گروه‌های فرعی



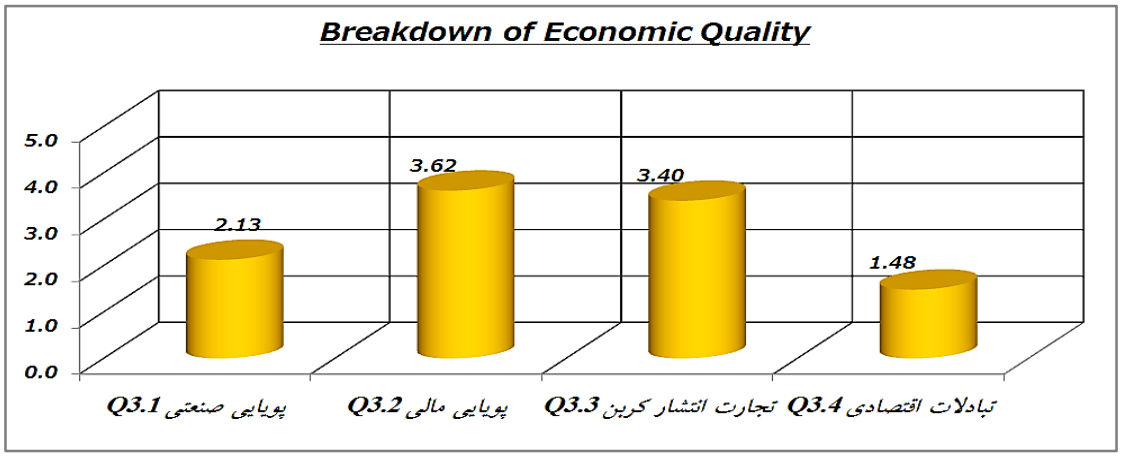
تصویر ۵. امتیاز کیفیت محیط زیستی شهر تهران به تفکیک زیردسته‌ها



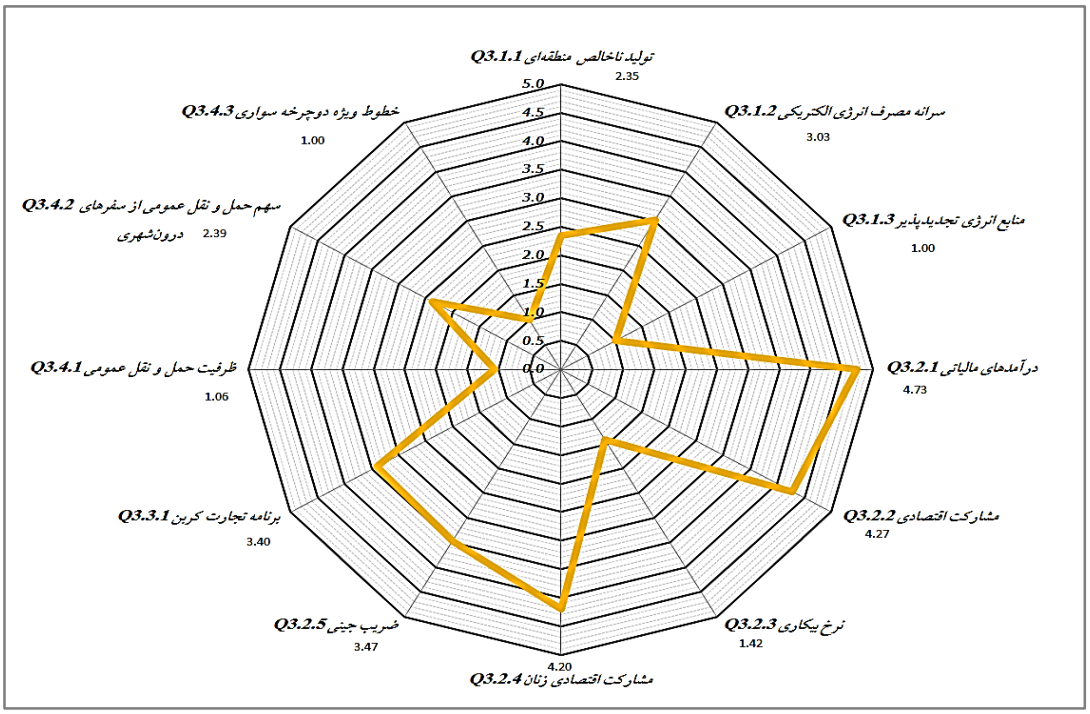
تصویر ۶. امتیاز کیفیت اجتماعی شهر تهران به تفکیک گروه‌های فرعی



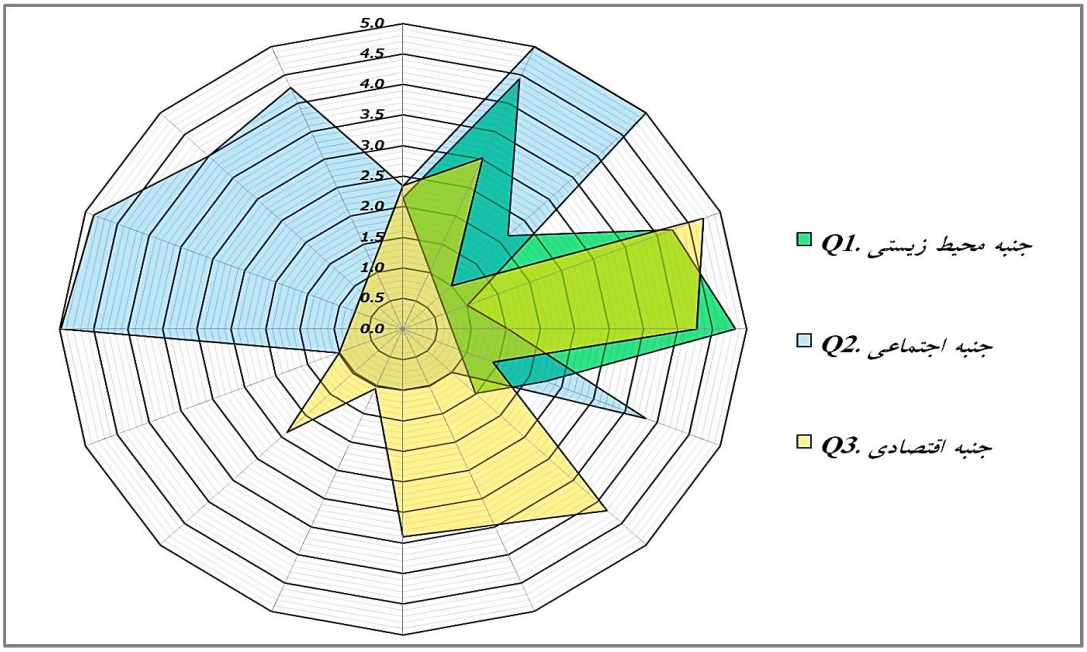
تصویر ۷. امتیاز کیفیت اجتماعی شهر تهران به تفکیک زیردسته‌ها



تصویر ۸. امتیاز کیفیت اقتصادی شهر تهران به تفکیک گروه‌های فرعی



تصویر ۹. امتیاز کیفیت اقتصادی شهر تهران به تفکیک زیردسته‌ها



تصویر ۱۰. مقایسه کیفیت محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی شهر تهران

بار آلودگی محیط زیستی از طریق تخمین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و تبدیل آن‌ها به معادل دی‌اکسید کربن محاسبه می‌گردد. در این راستا، میزان مصرف سوخت‌های فسیلی و گاز طبیعی به تفکیک بخش (صنعتی، مسکونی، تجاری، حمل‌ونقل) گردآوری و محاسبه شدند. میزان کل انتشار CH_4 و N_2O با استفاده از ضرایب مرتبط به معادل CO_2 تبدیل شده و سپس میزان کل سالانه انتشار دی‌اکسید کربن با استفاده از رابطه ۲ به ازای هر نفر در محدوده مطالعاتی محاسبه گردید (جدول ۷).

جدول ۷. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و محاسبه دی اکسید کربن معادل برای شهر تهران

بخش	میزان انتشار CO_2 بر حسب تن	میزان انتشار CH_4 بر حسب تن	میزان انتشار N_2O بر حسب تن	معادل کربن متان	معادن کربن نیتروز اکسید	جمع دی اکسید کربن معادل	سهم
خانگی	۲/۵۷E+۰۷	۴/۵۸E+۰۲	۴/۵۸E+۰۱	۱/۲۸E+۰۴	۱/۲۱E+۰۴	۲/۵۷E+۰۷	٪۶۲
تجاری	۱/۹۸E+۰۶	۳/۵۳E+۰۱	۳/۵۳E+۰۰	۹/۸۷E+۰۲	۹/۳۴E+۰۲	۱/۹۸E+۰۶	٪۵
حمل‌ونقل	۸/۵۲E+۰۶	۳/۶۹E+۰۲	۷/۳۸E+۰۱	۱/۰۳E+۰۴	۱/۹۶E+۰۴	۸/۵۵E+۰۶	٪۲۱
صنعتی	۴/۷۹E+۰۶	۱/۹۳E+۰۲	۳/۸۶E+۰۱	۵/۴۱E+۰۳	۱/۰۲E+۰۴	۴/۸۰E+۰۶	٪۱۲

در این ارزیابی، معادله لگاریتمی زیر برای محاسبه L یا بار آلودگی با دقت بیشتر استفاده شد. با این روش، به جای محاسبه سرانه انتشار دی‌اکسید کربن در سال که متغیر است، مجموع امتیاز L در بازه ۰ تا ۱۰۰ و با توجه به متوسط ملی در نظر گرفته می‌شود که دقت بیشتری دارد.

$$L = 100 * \frac{1}{1+\exp(-a*(X-m))} \quad (۲)$$

که در آن

X= سرانه انتشار دی‌اکسید کربن معادل در شهر (t-CO2 eq./person/year)

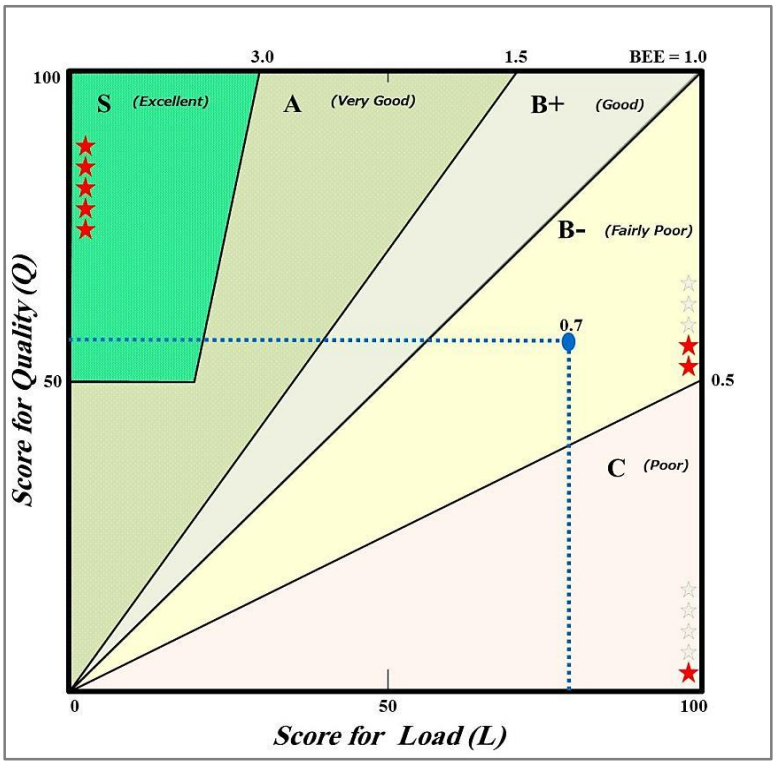
m: متوسط سرانه ملی انتشار کربن که در ایران ۸/۴۸ تن در سال است

a: ضریب افزایش‌دهنده حساسیت نسبت به مقادیر میانگین (برابر با ۰/۲۴۳)

تجزیه و تحلیل

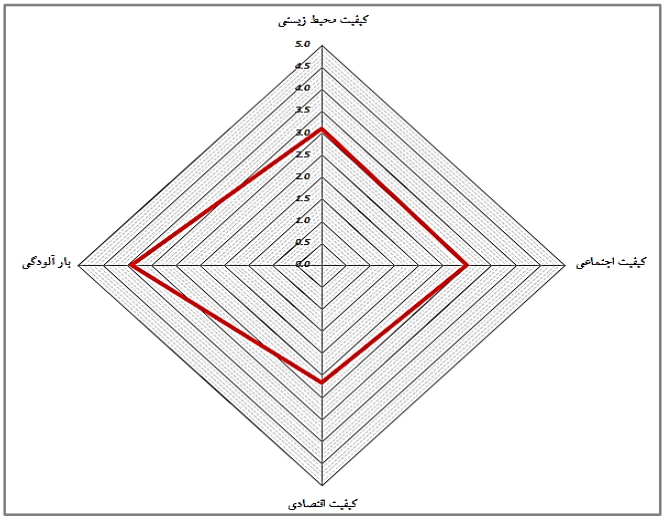
پس از محاسبه امتیاز نهایی کفیت محیط و بار آلودگی، شاخص ترکیبی کارایی محیط ساخته شده (BEE) با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردیده و نتیجه در تصویر ۱۱ ارائه شده است.

$$BEE = \frac{SQ}{L} = \frac{56}{78} = 0.7 \quad (۳)$$



تصویر ۱۱. جایگاه کیفیت محیطی شهر تهران بر روی نمودار BEE

همان‌طور که در تصویر ۱۱ مشاهده می‌شود، شهر تهران در بازه زمانی مورد مطالعه در شرایط نسبتا ضعیف یا B- با امتیاز ۰/۷ قرار داشته که بیانگر کیفیت پایین محیط و بار آلودگی بالا است. با توجه به وضعیت شهر تهران از منظر پایداری که در محدوده نسبتا فقیر قرار می‌گیرد، نیاز است با هدف تحقق توسعه‌ای همه‌جانبه در رویکردهای مدیریتی این شهر تجدید نظر شود تا همسو با کاهش بار آلودگی که به طور ویژه در این پژوهش کاهش انتشار دی‌اکسید کربن معادل است، وضعیت شهر در میان و بلندمدت ارتقا پیدا نماید. در این راستا نمودار راداری ارائه شده در تصویر ۱۲ به صورت بصری مشخص می‌کند که از بین جنبه‌های محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی در بخش کیفیت محیط و بار آلودگی، میزان سرانه انتشار دی‌اکسید کربن معادل در شرایطی قرار دارد که بایستی اقدام عاجل برای آن صورت بگیرد. از جمله اقدامات در این زمینه می‌توان به تهیه و اجرای سازوکارهای تجارت کربن، کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی در صنایع، بهبود وضعیت حمل و نقل عمومی و کاهش مصرف بنزین در شهر تهران اشاره کرد. لازم به ذکر است که با توجه به مصرف محصولات گازوئیلی و گاز طبیعی در بخش‌های مختلف، سرانه انتشار دی‌اکسید کربن در شهر تهران از متوسط ملی کمتر است؛ با این وجود میزان سالیانه به قدری چشمگیر است که تصمیم‌گیران بایستی با ضرورت بالا نسبت به بهبود شرایط و اتخاذ اقدامات کاهش بار آلودگی اقدام نمایند.



تصویر ۱۲. نمودار راداری برای سه دسته شاخص بخش کیفیت و بار آلودگی شهر تهران

با توجه به نتایج و نمودارهای ارائه شده برای کیفیت محیط می‌توان برنامه‌های توسعه آینده شهر را به تفکیک گروه اصلی و به شرح زیر اولویت‌بندی کرد. از بین زیر دسته محیط زیستی (تصاویر ۴ و ۵)، محیط داخلی (شامل کیفیت هوا و آب) بالاترین امتیاز را داشته (۴/۴۵) و پس از آن حفاظت از محیط طبیعی (شامل نرخ فضاهای سبز و آب، سهم مناطق حفاظت شده و درصد تغییرات سالیانه در زمین‌های کشاورزی) با امتیاز کل ۲/۹۱ و نهایتا بازیافت منابع (شامل نرخ بازیافت و سوزاندن زباله) با مجموع امتیاز ۱/۸۷ قرار دارد. بنابراین می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که مدیران و سیاست‌گذاران شهر تهران بایستی تمرکز خود را در درجه اول بر مدیریت پسماند بگذارند به گونه‌ای که نرخ بازیافت و سوزاندن پسماند افزایش پیدا کند. اولویت بعدی گسترش فضاهای سبز و پهنه‌های آبی است تا سرانه زمین‌های طبیعی بیشتر شود. درصد تغییرات سالانه در زمین‌های کشاورزی در شهر تهران جزو نگرانی‌های اصلی محسوب نمی‌شود با این وجود حفاظت از این مناطق برای جلـوگیری از کاهش آن‌ها در آینده و با افـزایش جمعیت و

نیاز فزاینده به مسکن ضروری است.

از بین زیردسته اجتماعی (تصاویر ۶ و ۷)، سرزندگی اجتماعی (شامل IT، امید به زندگی و نرخ تغییرات جمعیت به دلیل فوت و مهاجرت) بیشترین امتیاز (۴/۵۳) را دارند. پس از آن محیط زندگی (شامل کیفیت مسکن، ایمنی ترافیکی، پیشگیری از جرائم، آمادگی در برابر سوانح و سکونتگاه‌های غیررسمی) با مجموع امتیاز ۲/۹۸ و نهایتا خدمات اجتماعی (شامل فضاهای عمومی بسته و باز، خدمات فرهنگی و پزشکی و غیره) با امتیاز ۱/۴۲ قرار دارند. بر اساس نتایج بدست آمده، بهبود خدمات اجتماعی به ویژه مراکز فرهنگی، پزشکی و نگهداری از کودکان و سالمندان بایستی از اولویت‌های اصلی بهبود این جنبه از کیفیت باشند. بهبود کمیت فضاهای تفرجی باز و بسته نیز بایستی جزو برنامه‌ها و طرح‌های توسعه‌ای آینده شهر تهران باشند. کیفیت مسکن، سکونتگاه‌های غیررسمی و خدمات پزشکی در جایگاه بعدی قرار می‌گیرند.

در بین زیردسته‌های گروه بخش اقتصادی (تصاویر ۸ و ۹)، سرزندگی اقتصادی (شامل درآمدهای مالیاتی، شاخص جینی، نرخ بیکاری و غیره) بیشترین امتیاز را (۳/۶۲) دارند؛ پس از آن سرزندگی صنعتی (شامل تولید ناخالص منطقه‌ای، منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و غیره) با مجموع امتیاز ۲/۱۳ و تبادلات اقتصادی (شامل حمل‌ونقل عمومی و خطوط دوچرخه‌سواری) با مجموع امتیاز ۱/۴۸ قرار دارند. بنابراین می‌توان گفت که توجه بیشتری باید به بهبود حمل‌ونقل عمومی و خطوط اختصاصی دوچرخه‌سواری شود. اولویت بعدی افزایش سرانه تولید ناخالص منطقه‌ای و بهبود زیرساخت‌های استفاده از منابع تجدیدپذیر در شهر است. علاوه بر این، نرخ اشتغال به طرز قابل توجهی در شهر تهران پایین است که نیازمند برنامه‌ریزی استراتژیک و همکاری‌های بین بخشی در مقیاس منطقه و فرای آن است.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهشگران تلاش‌های زیادی را برای تعیین همبستگی‌ها و شناسایی روابط حاکم بین انواع متغیرهای توسعه پایدار انجام داده‌اند تا بر اساس آن‌ها بتوانند تصویر جامع و فراگیر از روندهای توسعه پایدار در یک محدوده مطالعاتی و همچنین حوزه‌های مختلف محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی ارائه دهند. یکی از مهم‌ترین تکنیک‌ها برای ارائه تصویری جامع‌تر از توسعه پایدار، استفاده از شاخص‌های ترکیبی است که در آن تلاش می‌شود تا با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌های کلیدی مرتبط به هم، روندها و میزان تحقق پایداری را اندازه‌گیری نمایند.

در این مقاله به طور خلاصه به نقش سکونتگاه‌های شهری در تحقق پایداری در سراسر جهان پرداخته شد و انواع روش‌ها و رویکردهای ارزیابی کیفیت شهر مورد بررسی قرار گرفتند. در این بین، ابزار CASBEE-City برای اولین بار در ایران با هدف ارزیابی وضعیت پایداری کلان‌شهر تهران مورد استفاده قرار گرفت. ابزار CASBEE-City این امکان را می‌دهد که وضعیت موجود شهر را از منظر کیفیت محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی و بار آلودگی مورد بررسی قرار داده و بتوان برای برنامه‌ریزی توسعه آن اولویت‌بندی کرد. پس از محاسبه امتیاز نهایی کفیت محیط و بار آلودگی، شاخص ترکیبی کارایی محیط ساخته شده (BEE) محاسبه شد که بر اساس آن شهر تهران در بازه زمانی مورد مطالعه دارای کیفیت نسبتا ضعیف یا B- با امتیاز ۰/۷ بوده که بیانگر کیفیت پایین محیط و بار آلودگی بالا است. با توجه به تعدد شاخص‌ها و جنبه‌های موجود و بر اساس بصری‌سازی‌های صورت گرفته در قالب نمودارها می‌توان اولویت‌های اجرایی و مدیریتی را بر اساس این مدل تعیین کرد. در رابطه با گروه‌های اصلی، بار آلودگی دارای بدترین وضعیت بوده و اولویت بالایی برای بررسی و اتخاذ اقدامات مدیریتی دارد، پس از آن کیفیت اجتماعی، سپس کیفیت اقتصادی و نهایتا کیفیت محیط زیستی قرار دارند. این رتبه‌بندی می‌تواند دید مناسبی به مدیران و برنامه ریزان شهر تهران بدهد تا بر اساس آن بتوانند مسیر رشد و توسعه شهر را طرح‌ریزی نمایند. در

گروه اصلی کیفیت محیط زیستی، گروه فرعی بازیافت دارای بالاترین اولویت برای توجه و بهبود است و پس از آن گروه‌های فرعی حفاظت از محیط زیست و محیط قرار دارند. در گروه اصلی کیفیت اجتماعی، گروه فرعی خدمات اجتماعی با کمترین امتیاز بیشترین اولویت را دارد تا مورد توجه برنامه ریزان شهری قرار بگیرد و پس از آن گروه‌های فرعی محیط زندگی و پویایی اجتماعی قرار دارند. در گروه اصلی کیفیت اقتصادی نیز گروه فرعی تبادلات اقتصادی دارای بیشترین اولویت بوده و پس از آن گروه‌های فرعی پویایی صنعتی و پویایی مالی قرار داند. ابزار CASBEE-City و نحوه ارائه نتایج آن این امکان را به وجود آورده که حتی بتوان در هر گروه فرعی نیز اولویت‌ها را مشخص کرد. بنابراین چارچوب اتخاذ شده در این پژوهش دارای قابلیت بالایی برای استفاده در کلان‌شهرهای کشورهای در حال توسعه دارد چرا که جامعیت زیادی از لحاظ کردن جنبه‌های مختلف کیفیت جامع شهر دارد و در عین حال نتایج را به صورت کاملا دسته‌بندی‌شده و امتیازدار ارائه می‌کند که این امر می‌تواند به آسانی مدیران و برنامه‌ریزان شهری را به صورت اولویت‌بندی شده به سمت اتخاذ اقدامات مدیریتی مناسب هدایت نماید.

ارزیابی جامع شهر از منظر کارایی محیطی اهمیت زیادی دارد چرا که دستورالعملی را برای تصمیم‌گیری درباره اقدامات مناسب طی زمان ارائه می‌کند. این نوع از ارزیابی بایستی نه تنها برای شهروندان و مقامات محلی بلکه برای دولت‌های ملی اهمیت داشته باشد چرا که به ایشان کمک می‌کند تا تعیین نمایند چه حوزه‌هایی و با چه میزان اهمیتی بایستی مرکز توجه و توسعه باشند. نتایج این پژوهش می‌تواند به عنوان اطلاعات کلیدی در برنامه‌ریزی سیاست‌های منطقه‌ای و ملی مورد استفاده قرار بگیرد. به همین ترتیب، بصری‌سازی شرایط واقعی شهر اهمیت زیادی دارد. این نوع از ارائه نتایج به کاربران نهایی کمک می‌کند تا دانش بهتری نسبت به حوزه‌ها با عملکرد مناسب و یا نیازمند بهبود پیدا کنند. نتایج این پژوهش سعی در کمک به مقامات و مدیران محلی و منطقه‌ای به ویژه برنامه‌ریزان شهری دارد تا بتوانند در حوزه ارزیابی پایداری شهری به گزینه‌های متعددی دسترسی داشته باشند. این ابزار و یافته‌های پژوهش همچنین به سایر ذی‌نفعان در شناسایی ویژگی‌های محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی شهر تهران و کمی کردن اثربخشی سیاست‌های شهری کمک می‌نماید.

یادداشت‌ها

1. UN-Habitat
2. Aalborg Charter
3. Stakeholders
4. United Nations (UN)
5. Sustainable Development Goals (SDGs)
6. International Standard Organization (ISO)
7. Environmental Assessment Method (EAM)
8. Building Research Establishment (BRE)
9. Leadership in Energy and Environment Design (LEED)
10. Comprehensive Assessment of Sustainability in Built Environment Efficiency (CASBEE)
11. Built Environment Efficiency (BEE)
12. Quality (Q)
13. Load (L)
14. Human Development Index (HDI)
15. Johur Bahru
16. MURNInets
17. Normalization
18. Human Development Index

فهرست منابع

Atkinson, G., Dubourg, R., Hamilton, K., Munasinghe, M., Pearce, D., and Young, C. (1999). *Measuring sustainable development: macroeconomics and the environment*. Edward Elgar Publishing.

Barrera-Roldán, A. and Saldıvar-Valdés, A. (2002). Proposal and application of a Sustainable Development Index. *Ecological Indicators*, 2(3):251-256.

Blanch Verges, A. (2009*). Environmental Efficiency Assessment on Spanish Urban Settings applying CASBEE methodology* (Master Thesis). Barcelona School of Industrial Engineering.

Cobbinah, P. B., Erdiaw-Kwaise, MO., and Amoateng, P. (2015). Rethinking sustainable development within the framework of poverty and urbanisation in developing countries. *Environmental Development*, 13:18-32.

European Sustainable Cities Platform. (1994). Charter of European Cities and Town towards Sustainability.

Hakim, M. A., Ling, G. H. .T, Wai, C. L., and Ho, C. S. (2019). Application of Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE) at City Level in Johor Bahru. *Urban Science*, 3:1-11.

Institute for Building Environment and Energy Conservation. (2015) *An Overview of CASBEE*. IBEC.

International Standard Organization. (2021). Sustainable development in communities. ISO Technical Committees TC268.

Japan Sustainable Building Consortium. (2012). The Committee for the Development of an Environmental Performance Assessment Tools for Cities. *CASBEE for Cities Technical Manual*. (JSBC).

Kalantari, Kh. (2001). Criticisim to UNDP Methodology of Measuring Human Development. *Geographical Research*, 16(2): 153-166.

Kawakubo, S., Ikaga, T., and Murakami, S. (2014, October). *Comparison of CASBEE-City Assessment Results and Citizen Satisfaction with Cities*. In 4th World Sustainable Building Conference, Barcelona.

Kawakubo, S., Ikagam T., and Murakami, S. (2011). Nationwide Assessment of City Performance based on Environmental Efficiency. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 2(4):293- 301.

Kearney. (2014).*Global Cities, Present and Future*. Index and Emerging Cities Outlook.

Lee, Y. J. and Huang, C. M. (2007). Sustainability index for Taipei. *Environmental Impact Assessment*, 27(6):505-521.

Murakami, S., Kawakubo S., Asami, Y., Ikaga, T., Yamaguchi, N., and Kaburagi, S. (2011). Development of a comprehensive city assessment tool: CASBEE-City. *Building Research and Information*, 39(3):195-210.

Organization for Economic Co-operation and Development. (2002). *Aggregated environment indices: Review of Aggregation of Methodologies in use*. OECD.

Shwe, T., Homma, R., Iki, K., and Ito, J. (2017). The Potential of Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency for Cities in Developing Country: Evidence of Myanmar. *International Journal of Architectural and Environmental Engineering*, 11(4):523-531.

Statistical Center of Iran. (2017). *National Population and Housing Census in 2016*.

Takigami, M., Ikaga, T., Murakami, S., and Kawakubo S. (2014). *Application of CASBEE-City to Various Types of Cities around the World*. In 4th World Sustainable Building Conference, Barcelona.

United Nations Development Program. (2022). *Human Development Reports*. UNDP-HDR.

United Nations Human Settlements Program. (2020). *The New Urban Agenda*. UN- Habitat.