New Researches in The Smart City
Vol ٤ (Issue ٢), ٤٢-٥٨
nrsc.apadana.ac.ir

Apadana Institute of Higher Education

Developing a Smart City Development Model Based on a Biophilic Approach (Case Study: Tabriz Metropolis)

Fatemeh Kiany Kalajahi — Department of Geography and Urban Planning, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Ali Panahi* — Department of Geography and Urban Planning, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Hasan Ahmadzadeh — Department of Geography and Urban Planning, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran

Received: ٢٥/January/٢٠٢٢ Accepted: ١٢/February/٢٠٢٢ eISSN: ٣٠٦٠-٦١٤٤ ISSN: ٢٩٨٠-٨٩٣٦

Abstract

In recent years, the concept of the Smart City has emerged as a novel approach to urban management and planning, emphasizing the utilization of Information and Communication Technologies (ICT). However, in most cases, this approach has failed to holistically integrate environmental components and the quality of the citizens' living experience. The integration of the Smart City paradigm with nature-centric models, such as Biophilia, can be proposed as a strategy to enhance mental health, social interaction, and environmental sustainability. To this end, the present study was written with the aim of integrating these two paradigms and formulating a development model for a Biophilic Smart City in Tabriz metropolis. The research method, in terms of its type, is mixed-methods; in terms of its purpose, it is applied; and in terms of its nature, it is exploratory. Structural Equation Modeling (SEM) in Amos software was used for data analysis. The research findings indicate that the greatest impact on the development of the Biophilic Smart City in Tabriz belongs, respectively, to the components of Governance and Urban Management, Social and Human factors, Smart Technology and Infrastructure, Environmental and Ecological factors, and Physical and Spatial factors, with coefficients of ٠,٧٤, ٠,٧٣, ٠,٦٦, ٠,٦٣, and ٠,٥٢. Furthermore, among the sub-components, the greatest impact relates to Integrated Policymaking, Spatial Justice, Continuous Monitoring and Evaluation, Smart Resource Management, and Citizen Participation. These components have implementable Biophilic strategies and Smart tools across various planning levels (Spatial Planning, Environmental Management, Architecture and Public Spaces, Culture and Education, and Urban Policy).

Keywords: urban development, smart city, biophilic city, Tabriz metropolis

* Corresponding Author: alipanahi@iau.ac.ir

فصلنامه پژوهش‌های نوین در شهر هوشمند
دوره ۴، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۴، ۴۲-۵۸
nrsc.apadana.ac.ir

مؤسسه آموزش عالی آپادانا
غیر دولتی - غیر انتفاعی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۱۶ eISSN: ۳۰۶۰-۶۱۴۴ ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۳۶

تدوین الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند مبتنی بر رویکرد بیوفیلیک (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز)[1]

فاطمه کیانی کلجاهی | گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

علی پناهی* | گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

حسن احمدزاده | گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

چکیده

در سال‌های اخیر، مفهوم شهر هوشمند به‌عنوان رویکردی نوین در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری، با تأکید بر بهره‌گیری از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات مطرح شده است. با این حال، این رویکرد در بیشتر موارد مؤلفه‌های زیست‌محیطی و کیفیت تجربه‌ی زیستی شهروندان را به‌صورت یکپارچه در نظر نگرفته و ادغام آن با الگوهای طبیعت‌محور، همچون بیوفیلیک، می‌تواند به‌عنوان راهبردی برای ارتقای سلامت روانی، تعامل اجتماعی و پایداری محیطی مطرح شود. بدین منظور، پژوهش حاضر با هدف ادغام این دو پارادایم و تدوین الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند مبتنی بر رویکرد بیوفیلیک در کلان‌شهر تبریز نگارش شده است. روش تحقیق در پژوهش حاضر از نظر نوع آمیخته، از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت اکتشافی می‌باشد که در راستای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار Amos استفاده شده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که بیشترین تأثیرگذاری بر توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک در تبریز به ترتیب مربوط به مؤلفه‌های حکمروایی و مدیریت شهری، اجتماعی و انسانی، فناوری و زیرساخت هوشمند، زیست‌محیطی و اکولوژیک و کالبدی و فضایی با ضرایب ۰/۷۴، ۰/۷۳، ۰/۶۶، ۰/۶۳ و ۰/۵۲ بوده است. همچنین، در بین مؤلفه‌های فرعی بیشترین تأثیرگذاری مربوط به مؤلفه‌های سیاست‌گذاری یکپارچه، عدالت فضایی، پایش و ارزیابی مستمر، مدیریت هوشمند منابع و مشارکت شهروندی می‌باشد. این مؤلفه‌ها در سطوح برنامه‌ریزی مختلف (برنامه‌ریزی فضایی، مدیریت محیط‌زیست، معماری و فضاهای عمومی، فرهنگ و آموزش، سیاست‌گذاری شهری)، راهبردهای بیوفیلیک و ابزار هوشمندسازی قابلیت اجرایی دارند.

کلیدواژه‌ها: توسعه‌ی شهری، شهر هوشمند، شهر بیوفیلیک، کلان‌شهر تبریز

۱. مقاله‌ی حاضر مستخرج از رساله‌ی دکتری با عنوان تدوین الگوی توسعه‌ی شهری طبیعت‌گرا مبتنی بر توسعه‌ی فضاهای سبز شهری در الگوهای شهری فشرده (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز) با همکاری نویسندگان می‌باشد.

* نویسندهٔ مسئول: alipanahi@iau.ac.ir

مقدمه

امروزه بیش از چهار میلیارد نفر در شهرها زندگی می‌کنند که تقریباً ۵۶ درصد از جمعیت جهان را شامل می‌شود (The Word Bank, ۲۰۲۲). همچنین به‌طور متوسط، تراکم جمعیتی شهرها در ۱۵ سال گذشته از ۳۵۰۰ شهروند در هر کیلومتر مربع به ۴۲۶۱ شهروند رسیده است (Demographia, ۲۰۲۲). از این‌رو، شهرها تحت فشار فزاینده‌ای برای ایجاد تعادل بین مثلث پایداری (اجتماعی، محیطی و اقتصادی) هستند (Fanning et al., ۲۰۲۲). همچنین، عدم کارایی زیرساخت‌ها و پایین آمدن کیفیت زندگی در شهرها از چالش‌ها و مسائل عمده‌ی بیشتر کشورهای جهان محسوب می‌شوند (Mondschein et al., ۲۰۲۱). بدین منظور امروزه در سراسر جهان، شهرها فناوری‌ها و راه‌حل‌های دیجیتال را برای بهبود کیفیت و کارایی زیرساخت‌ها و خدمات خود به‌کار گرفته‌اند (Beckers et al., ۲۰۲۳). فناوری‌هایی که با ارتقای تعاملات بین ارائه‌دهندگان خدمات شهری و کاربران، کیفیت خدمات‌دهی را بهبود بخشیده‌اند (Sharifi et al., ۲۰۲۵). به عبارتی، فناوری‌های استفاده شده در راستای هوشمندسازی شهرها و در نهایت تحقق «شهر هوشمند» بوده است (Gracias et al., ۲۰۲۳). رویکرد و استراتژی‌ای که در سطح جهانی ترویج شده تا به چالش‌های بلندمدت شهری بپردازد، تاب‌آوری و پایداری شهرها را افزایش دهد و کیفیت زندگی شهروندان را بهبود بخشد (Jose & Rodrigues, ۲۰۲٤). با این حال، بسیاری از الگوهای شهر هوشمند تمرکز خود را بر زیرساخت‌های فناورانه و کارایی اقتصادی معطوف کرده و ابعاد انسانی، زیست‌محیطی و کیفیت تجربه‌ی زیستی شهروندان را به‌صورت یکپارچه در نظر نگرفته‌اند. از این‌رو، الگوهای توسعه‌ی شهری هوشمند بایستی همسو با رویکردهای طبیعت‌محور و سبز باشند. در این راستا، اخیراً، بسیاری از مطالعات (Mensah et al., ۲۰۱۹)، نشان داده‌اند که رویکرد سبز پشتیبانی قوی برای تحقق توسعه‌ی هماهنگ رشد اقتصادی سبز و محیط‌زیست و تقویت سلامت عمومی و در نهایت ایجاد یک محیط پایدار است (Albort-Morant et al., ۲۰۱٦; Wang & Zheng, ۲۰۲۲). بدین منظور، نیاز به سرمایه‌گذاری پایدار در این زمینه احساس می‌گردد (Dhayal et al., ۲۰۲۳, p. ۲). همچنین، توجه و استفاده از دیدگاه‌های مرتبط با تحقق رویکرد سبز ضروری می‌باشد (Luo et al., ۲۰۲۳). در این میان، یکی از دیدگاه‌ها و نظریه‌های تحقق رویکرد سبز، بیوفیلیا[۱] و شهرسازی طبیعت‌گرا است. بیوفیلیا به معنی انرژی و احساس مثبتی است که در طبیعت وجود دارد و بنابراین از صفت بیوفیلیک می‌توان به طبیعت‌دوستی و طبیعت‌گرایی تعبیر نمود (Kellert et al., ۲۰۰۸). همچنین، رویکرد شهر طبیعت‌گرا با محوریت ابعاد نظری و عملی توسعه‌ی پایدار، حکایت از آن می‌کند که شهرها چرا و چگونه باید سبز باشند و اولویت در شهرهای طبیعت‌گرا توجه به این مسئله است که توسعه‌ی شهری نباید منابع محدود و تجدیدناپذیر را از بین ببرد و نظام‌های زیست‌محیطی را به شکلی تخریب کند که ساکنان مناطق شهری و نسل‌های آینده قادر نباشند نیازهای خود را برآورده سازند (Chen et al., ۲۰۲۲).

بنابراین می‌توان عنوان کرد که با توجه به گستردگی و پیچیدگی چالش‌های شهر معاصر، بهره‌مندی از الگوها و رویکردهای ترکیبی می‌تواند موفقیت و هدایت توسعه‌ی شهرها را تضمین نماید. به این ترتیب، پژوهش حاضر با هدف تدوین الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند مبتنی بر رویکرد بیوفیلیک در کلان‌شهر تبریز نگارش شده است. کلان‌شهر تبریز در بطن نظام شهری خود حامل مسائل عمده‌ی شهری در بخش‌هایی همچون کالبدی، اقتصادی، حمل‌ونقل، محیط زیست و خدمات شهری است. در این راستا، می‌توان گفت که افزایش جمعیت و گسترش فیزیکی این شهر در سال‌های اخیر باعث به‌وجود آمدن مشکلات عدیده‌ای همچون افزایش ترافیک و آلودگی هوا، مصرف بیش از حد انرژی و سرمایه‌ی مالی گردیده است. بر همین اساس، حرکت به سمت تحقق شاخص‌های شهر هوشمند و پیاده‌سازی ملزومات

۱. Biophilia

این نوع از شهرها می‌تواند راه‌گشای بسیاری از مسائل و معضلات کلان‌شهر تبریز باشد. همچنین، می‌توان بیان داشت که افزایش جمعیت از یک‌سو و موانع توسعه‌ی شهر، به‌ویژه در بخش‌های شمالی و جنوبی، از سوی دیگر موجب فشردگی شهر و افزایش ساخت‌وسازها به‌صورت متراکم و بلندمرتبه‌سازی و به تبع آن تخریب گسترده‌ی محیط‌زیست طبیعی (فضاهای سبز، مزارع و باغ‌های شهر) گردیده است. علاوه بر تخریب محیط‌زیست طبیعی شهر، افزایش آلودگی‌های صوتی، هوا و سایر عناصر ناشی از افزایش وسایل نقلیه و صنایع موجب کاهش سلامتی جسمانی و روانی شهروندان و بروز مشکلات عدیده شده است. بنابراین، توجه به بهره‌مندی از رویکرد طبیعت‌گرا در الگوی توسعه‌ی شهری امری اساسی تلقی می‌گردد. در نهایت، مسئله‌ی اصلی پژوهش حاضر در این چارچوب قابل طرح است که چگونه می‌توان الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند را به‌گونه‌ای تدوین کرد که ضمن بهره‌گیری از ظرفیت‌های فناوری‌های نوین، اصول و مؤلفه‌های رویکرد بیوفیلیک را در مقیاس کلان‌شهری ادغام نماید و به ارتقای کیفیت زیست‌پذیری در تبریز بینجامد؟

پیشینه پژوهش

شهر هوشمند و رویکرد بیوفیلیک از پارایم‌های مهم توسعه‌ی پایدار شهری در عصر حاضر محسوب می‌شوند که طی سالیان اخیر پژوهش‌های متعددی را به خود اختصاص داده‌اند. بررسی اجمالی پیشینه‌ی تحقیق در این زمینه‌ها نشان می‌دهد که هرچند پژوهش‌هایی به‌دنبال پیوند این دو رویکرد بوده‌اند، با این حال، پژوهشی جامع در راستای ادغام این دو رویکرد در راستای تدوین الگوی مطلوب توسعه‌ی شهری قابل مشاهده نمی‌باشد. به عبارتی، خلأ نظری و عملی موجود در پیوند میان هوشمندسازی شهری و طراحی بیوفیلیک، مانع از شکل‌گیری مدلی جامع برای توسعه‌ی پایدار شهری شده است. در این راستا، پژوهش حاضر به‌دنبال پُر کردن این خلأ پژوهشی و با هدف تدوین الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند مبتنی بر رویکرد بیوفیلیک نگارش شده است. در ادامه به برخی از پژوهش‌های مرتبط با موضوع اشاره می‌گردد.

لشکری و همکاران (۱۴۰۱)، در تحقیق خود تحت عنوان شهر سبز رویکرد نوآورانه در مدیریت شهری و شهرسازی به این نتایج دست یافته‌اند که در عصر حاضر، جهان با یک بحران زیست‌محیطی مواجه است. به‌طوری‌که انواع آلودگی‌های شهری، افزایش مصرف انرژی‌های فسیلی و در نتیجه تخریب محیط‌زیست و از همه مهمتر ناتوانی مدیریت شهری در تأمین و اداره‌ی امور شهر همه ناشی از فعالیت‌های صنعتی، شهرنشینی و توسعه‌ی شهری ما در دو قرن اخیر است. در همین راستا، ایده‌ی حفاظت از محیط‌زیست به‌صورت جریانی فکری و معترض به بی‌سروسامانی و وضعیت غیرانسانی حاکم بر شهرهای دوران انقلاب صنعتی، باعث شکل‌گیری ایده‌ی آرمان‌شهرهای زیست‌محیطی در قالب توسعه‌ی پایدار همانند شهر سبز گردیده است. خالدی و همکاران (۱۴۰۲)، در پژوهشی تحت عنوان نوآوری و فناوری‌های بام سبز، منطقه یک تهران را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد بام سبز در کلان‌شهر تهران می‌تواند به کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها و کاهش پیامدهای مخاطراتی مانند آلودگی هوا، آلودگی صوتی و جزایر گرمایی کمک کند و در بهبود تنوع زیستی شهری مفید باشد. در شرایطی که انتشار گازهای گلخانه‌ای در حال افزایش است و پیامدهای تغییر آب‌وهوا بر زندگی شهری اثر می‌گذارد، کاربرد بام سبز می‌تواند گامی در جهت افزایش تاب‌آوری باشد. لازم است اجزای بام سبز در راستای رویکرد ساختمان سبز، هوشمند و پایدار، بهینه‌سازی و هوشمندسازی شوند. سربلند و عابدینی (۱۴۰۴)، در پژوهشی به ارزیابی و بومی‌سازی برنامه‌ریزی هوشمند با رویکرد بیوفیلیک در شهر ارومیه پرداخته‌اند. مدل بومی پیشنهادشده در این پژوهش بر اساس مفاهیمی مانند نگرش و آگاهی‌های بیوفیلیکی، مدیریت منابع پایدار آب، ارتقای استفاده از انرژی و منابع تجدیدپذیر و حمل‌ونقل سبز و

هوشمند می‌باشد. بُناب و همکاران[۱] (۲۰۲۳)، در مطالعه‌ای تحت عنوان ارزیابی نظری و تحلیلی شهرهای سبز هوشمند به این نتایج دست یافته‌اند که سرسبزی یک شهر با هوشمندی آن رابطه‌ی مثبت دارد. همچنین، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، یک رابطه‌ی بالقوه بین جمعیت یک شهر و دو شاخص (سرسبزی و هوشمندی) را نشان می‌دهد. به‌ویژه، جمعیت یک شهر بزرگ بر سرسبزی آن تأثیر منفی می‌گذارد، اما بر هوشمندی آن تأثیر مثبت می‌گذارد. بنابراین، شاخص مشترک هوشمندی و سبز بودن رابطه‌ی منفی با جمعیت یک شهر دارد. از این‌رو، مهار رشد کنترل‌نشده‌ی شهری برای اجرای موفقیت‌آمیز طرح‌های شهرهای سبز هوشمند حیاتی است. هوآنگ و همکاران[۲] (۲۰۲۳)، در تحقیق خود به ارزیابی توسعه‌ی شهر سبز در چین با استفاده از ابزار تحلیلی یکپارچه پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که افزایش کیفیت توسعه‌ی اقتصادی، تحریک نوآوری اجتماعی، بهبود زیرساخت‌های شهری و تراکم مناسب شهری به‌عنوان پیشنهادهای سیاستی برای تسهیل گذار به شهر سبز می‌باشند. سان[۳] (۲۰۲۴)، در تحقیق خود تحت عنوان شهر هوشمند و نوآوری سبز: مکانیسم‌ها و اثر کاهش انتشار آلاینده‌های صنعتی به این نتایج رسیده است که رابطه‌ی مثبت و معناداری بین ساخت شهر هوشمند و نوآوری سبز وجود دارد. علاوه بر این، اثرات ساخت‌وساز شهر هوشمند بر نوآوری سبز بسته به سطح بازاریابی، رتبه‌ی اداری، اندازه‌ی جمعیت و موقعیت جغرافیایی شهر متفاوت است. همچنین، تعامل این دو سازه بر انتشارات صنعتی تأثیر منفی گذاشته است که در نهایت به بهینه‌سازی محیط کمک خواهد کرد. وو و همکاران[۴] (۲۰۲۴)، در پژوهشی تحت عنوان به سوی رشد سبز شهرها به تأثیر ترکیبی اهداف رشد اقتصادی و مقررات زیست‌محیطی پرداخته‌اند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که شهرها می‌توانند با تعیین اهداف اقتصادی واقعی، با نظارت دولت مرکزی بر مقررات زیست‌محیطی محلی و اتخاذ استراتژی توسعه‌ی مبتنی بر نوآوری برای اهداف رشد اقتصادی و هوشمندسازی شهرها، به تعادل دست یابند. این رویکرد می‌تواند اهداف اقتصادی و مقررات زیست‌محیطی را برای دستیابی به رشد سبز هوشمند با هم همسو سازد.

در ادامه با توجه به پیشینه‌ی نظری به پارادایم‌های مورد بررسی و ارتباط آن‌ها پرداخته شده است.

شهر هوشمند

شهر هوشمند تعبیری است از شهر مجازی، شهر الکترونیک و شهر دیجیتال که دربردارنده‌ی رفتار مجازی شهر می‌باشد و انواع ارتباطات شهری، خدمات شهری، تراکنش‌ها و اطلاعات شهری در آن ظهور پیدا می‌کند (Abu-Rayash & Dincer, ۲۰۲۱). با نگاهی دیگر، شهر هوشمند، شهری است که فرایند نظام‌مند، مکانیکی و اتوماتیک روندهای شهری را هم در فیزیک شهر و هم در فضای مجازی شهر از صنعت فراگیر کامپیوتری فراهم می‌سازد (Angelidou, ۲۰۱۵). همچنین، در ادبیات شهر هوشمند، مفهوم این شهر در دامنه‌ی وسیعی از معانی منعکس شده است. این ادبیات از حوزه‌ی سخت‌افزارهای فناورانه‌ی فیزیکی، همچون ماشین‌آلات و وسایل حمل‌ونقل، تا زیرساخت‌های ارتباطی و از مفاهیم توسعه‌ی اقتصادی و سیاسی و حاکمیتی تا توسعه‌ی انسانی و اجتماعی شهر و از ادراک هوشمند کاربر تا خدمات فراگیر مجازی را شامل می‌شود (Burns & Welker, ۲۰۲۳). در سال‌های اخیر، مفهوم "شهر هوشمند" به‌صورت گسترده توسط شهرها و سازمان‌های تجاری، برای ارتباط و بهبود ابتکار عمل یا به‌عنوان راه‌حل‌هایی برای چالش‌های مختلف شهرها استفاده شده است (Faria et al., ۲۰۱۸). شش زمینه‌ی کلیدی اقتصاد هوشمند، تحرک هوشمند، محیط هوشمند، مردم هوشمند، زندگی هوشمند و حکمروایی هوشمند از ویژگی‌های زندگی و شهر هوشمند

---

۱. Bonab et al.
۲. Huang et al.
۳. Sun, Q.
۴. Wu et al.

محسوب می‌شوند که می‌توانند از طریق زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات قوی تحقق یابند (Hyoek Yang, ۲۰۱۲).

اگر بخواهیم نیم نگاهی به چگونگی دسته‌بندی و مدیریت این ۶ محور بیندازیم باید آن‌ها را به دسته‌های ریزتری تقسیم‌بندی کنیم که شامل حالت‌های مختلف به شرح جدول ۱ می‌شوند (Correia & Wunstel, ۲۰۱۲).

جدول ۱. زیربخش‌ها و شاخص‌های تفصیلی شهر هوشمند

اقتصاد هوشمند (رقابت‌پذیری)	مردم هوشمند (سرمایه‌ی انسانی و اجتماعی)
روحیه‌ی نوآوری؛ کارآفرینی؛ برندهای اقتصادی؛ باروری و تولیدی بودن؛ انعطاف‌پذیری نیروی کار؛ فضاسازی بین‌المللی؛ قابلیت انتقال.	سطح کیفیت و شایستگی؛ وابستگی به دوران یادگیری زندگی؛ انعطاف‌پذیری؛ خلاقیت؛ بین‌المللی بودن/ روشنفکرانه بودن؛ مشارکت در زندگی جمعی.
مدیریت هوشمند (مشارکت)	**حمل‌ونقل هوشمند**
مشارکت در تصمیم‌سازی؛ خدمات اجتماعی و جمعی؛ مدیریت شفاف؛ چشم‌انداز و راهبردهای سیاسی.	دسترسی محلی؛ دسترسی ملی و بین‌المللی؛ دسترسی به زیرساخت‌های تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات؛ سیستم های حمل‌ونقل پایدار، نوآورانه و ایمن.
محیط هوشمند (منابع طبیعی)	**زندگی هوشمند (کیفیت زندگی)**
جذابیت شرایط طبیعی؛ آلودگی؛ حفاظت محیطی؛ مدیریت پایدار منابع.	امکانات فرهنگی؛ ایمنی فردی؛ کیفیت مسکن؛ امکانات آموزشی؛ جذابیت گردشگری؛ به‌هم پیوستگی اجتماعی.

بیوفیلیک (شهرسازی طبیعت‌گرا)

اصطلاح شهرسازی طبیعت‌گرا یا بیوفیلیا اولین بار توسط ویلسون[۱] (۱۹۸۴) مطرح گردید. این واژه که از کلمه‌های یونانی بیو (زندگی) و فیلیا (عشق) گرفته شده است، پیوند عاطفی ذاتی بین انسان‌ها و سایر موجودات زنده را در بر می‌گیرد؛ ارتباطی که عمیقاً در طبیعت انسان ریشه دوانده است (Mollazadeh & Zhu, ۲۰۲۱). این رابطه ریشه در تاریخ تکامل ما دارد (Barron et al., ۲۰۱۹)، زیرا انسان‌ها از نظر تاریخی با جهان طبیعی همزیستی داشته‌اند و با آن سازگار شده‌اند و این امر با انگیزه‌ی تمایل به بقا برای طبیعت صورت گرفته است (El-Baghdadi & Desha, ۲۰۱۷). در طول چند دهه‌ی گذشته نیز شواهد فزاینده‌ای از فرضیه‌ی بیوفیلیا پشتیبانی کرده‌اند؛ مبنی بر این‌که یک ارتباط ذاتی و بیولوژیکی بین انسان و طبیعت، که شامل یک بُعد عاطفی است، برای سلامت روان و رفاه حیاتی می‌باشد (Gaekwad et al., ۲۰۲۲). بنابراین بر مبنای نظریه‌ی بیوفیلیا، زندگی شهری که توسط محیط‌های ساخته‌شده احاطه شده است با طبیعت انسان ناسازگار است. در این راستا، به‌منظور کاهش استرس یا خستگی ذهنی در شهروندان‌ها و ارتقای سلامت فیزیولوژیکی و روانی آن‌ها توجه به کمیت و کیفیت طبیعت در محیط‌های شهری الزامی است (Kondo et al., ۲۰۱۸). با تکیه بر این مفهوم و شواهد انباشته از اثرات سلامتی طبیعت، ادغام فضای سبز در محیط

۱. Wilson, E. O.

شهری و تحقق شهرسازی طبیعت‌گرا (بیوفیلیا) به‌عنوان یک رویکرد ارتقای سلامت عمومی شناخته می‌شود (Shanahan et al., ۲۰۱۹; WHO Regional Office for Europe, ۲۰۱۶). از طرفی زیربنای شهرسازی بیوفیلیک موفق، چیزی بیش از صرفاً قرار گرفتن در معرض طبیعت یا احساسات مثبت نسبت به طبیعت در شهر است؛ ساکنان همچنین باید به مکان دلبستگی عاطفی داشته باشند (Asim et al., ۲۰۲۰). در این راستا، سانتو-توماس و همکاران[۱] (۲۰۲۰) و هاوثورن و همکاران[۲] (۲۰۲۲) بیان داشته‌اند که برای اینکه فضای سبز به‌طور کامل در خدمت رفاه جسمی و روانی ساکنان باشد، خاطرات مبتنی بر مکان و روابط بین فضاهای سبز عناصر مهمی برای رفاه ادراک‌شده هستند. فاستر و سندبرگ[۳] (۲۰۱۴) نیز عنوان کرده‌اند که تقویت دلبستگی عاطفی به مکان‌های بیوفیلیک مبتنی بر دسترسی عادلانه به پارک‌ها و سایر فضاهای سبز می‌باشد.

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت که اهداف اصلی شهرسازی بیوفیلیا شامل ارتقای سلامت و رفاه شهروندان، افزایش پایداری محیط‌زیست و تقویت حس تعلق و هویت شهری می‌باشد. همچنین، بر اساس دیدگاه‌های استیون کلرت[۴] (۲۰۱۶) و تیموتی بیتلی[۵] (۲۰۱۷)، به‌عنوان پیشگامان نظریه‌ی بیوفیلیا، شاخص‌های زیر برای ارزیابی شهرهای بیوفیلیک استفاده می‌شوند:

- ارتباط بصری با طبیعت؛
- ارتباط غیر بصری (بویایی، شنوایی، لمسی)؛
- نور و تهویه‌ی طبیعی؛
- بهره‌مندی از الگوهای طبیعی در فرم و ساختار شهری؛
- وجود آب و مناظر آبی؛
- تغییرپذیری و پویایی محیط (حرکت، نور، سایه)؛
- مکان‌محوری و هویت طبیعی محل؛
- احساس امنیت و آرامش طبیعی در فضاهای عمومی.

چارچوب مفهومی تدوین الگوی شهر هوشمند بیوفیلیک در برنامه‌ریزی شهری

مفهوم شهر هوشمند در ابتدا با تأکید بر فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات (ICT)، داده‌های کلان و حکمروایی دیجیتال شکل گرفت (Rios, ۲۰۱۲). هرچند در سال‌های اخیر ابعاد این مفهوم گسترده‌تر شده است و شامل اقتصاد هوشمند، تحرک هوشمند، محیط هوشمند، مردم هوشمند، زندگی هوشمند و حکمروایی هوشمند می‌باشد، با این حال، انتقاد اصلی وارد بر این رویکرد، غلبه‌ی نگاه فناورانه و کم‌رنگ بودن ابعاد انسانی و اکولوژیک در برخی مدل‌های اجرایی است. در این راستا، ادغام رویکردهای طبیعت‌محور همچون «شهر بیوفیلیک» با شهر هوشمند به‌واسطه‌ی بهره‌مندی سیستماتیک طبیعت در ساختار کالبدی، اجتماعی و مدیریتی شهر می‌تواند موجب پیوند شهر هوشمند و بیوفیلیک و یک هم‌افزایی مفهومی میان «فناوری داده‌محور» و «طبیعت انسان‌محور» گردد. این پیوند می‌تواند مبنای تحول در برنامه‌ریزی شهری قرن بیست‌ویکم باشد؛ تحولی که در آن، فناوری در خدمت احیای رابطه‌ی انسان و طبیعت و ارتقای کیفیت زندگی شهری قرار می‌گیرد. در این راستا، می‌توان پیوند نظری میان شهر هوشمند و بیوفیلیک را در سطوح مختلف به شرح جدول شماره ۲ تبیین کرد.

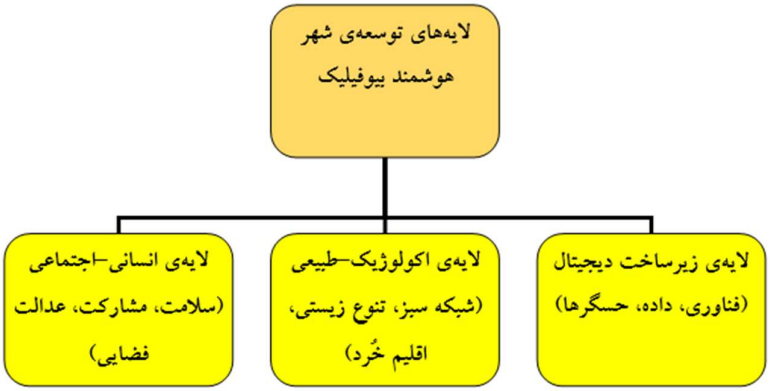
---

۱. Santo-Tomas et al.
۲. Hawthorne et al.
۳. Foster & Sandberg
۴. Kellert, S.
۵. Beatley, T.

جدول ۲. چارچوب نظری پیوند شهر هوشمند و بیوفیلیک

سطوح	رویکرد برنامه‌ریزی	اهداف برنامه‌ریزی
سطح معرفت‌شناختی	گذار از «شهر فناورانه» به «شهر انسان– طبیعت–فناوری»	در این چارچوب، فناوری ابزار تقویت تجربه‌ی زیستی و پایداری اکولوژیک است، نه صرفاً افزایش کارایی
سطح کارکردی	تسهیل تحقق اهداف بیوفیلیک به‌واسطه‌ی فناوری‌های هوشمند	پایش کیفیت هوا و آب، مدیریت هوشمند آبیاری فضاهای سبز، تحلیل داده‌های محیطی برای افزایش تاب‌آوری اقلیمی، توسعه‌ی حمل‌ونقل پاک
سطح ساختاری و حکمروایی	گذار از رویکرد فیزیکی و متمرکز به رویکرد سیستمی و مشارکتی	تصمیم‌گیری مبتنی بر داده برای توسعه‌ی زیست‌محیطی سبز، توزیع عادلانه خدمات و مشارکت شهروندان در مدیریت محیط طبیعی

در نهایت، می‌توان مدل سه‌لایه‌ای برای توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک ارائه داد که در برگیرنده‌ی لایه‌ی زیرساخت دیجیتال، لایه‌ی اکولوژیک–طبیعی و لایه‌ی انسانی–اجتماعی می‌باشد.



شکل ۱. مدل مفهومی تحقیق (برنامه‌ریزی شهر هوشمند بیوفیلیک)

روش

روش تحقیق در پژوهش حاضر از نظر نوع آمیخته، از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت اکتشافی می‌باشد. در این پژوهش ابتدا با بررسی متون و ادبیات نظری و همچنین مصاحبه با اندیشمندان حوزه‌ی برنامه‌ریزی و مدیریت شهری و فضاهای سبز، مؤلفه‌های تأثیرگذار بر توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک شناسایی و سپس از طریق پرسشگری از حجم نمونه و بهره‌مندی از مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار Amos، به بررسی اثرگذاری هرکدام از مؤلفه‌ها پرداخته شده و در نهایت مدل نهایی تدوین گردیده است.

قابل ذکر است که جامعه‌ی آماری تحقیق شامل مدیران، مسئولان و نخبگان دانشگاهی می‌باشد که با توجه به مشخص نبودن تعداد جامعه‌ی آماری، برای تعیین حجم نمونه از روش کوهن[۱] استفاده شده است.

فرمول کوهن:

$$n = (z^2 \times s^2)/ d^2 \qquad (۱)$$

در این فرمول Z یک مقدار ثابت است که به فاصله‌ی اطمینان و سطح خطا (α) بستگی دارد. با توجه به تعیین فاصله‌ی اطمینان ۹۵ درصد، بنابراین d برابر ۰/۰۵ و Z برابر با ۱/۹۶ می‌باشد. S نیز واریانس نمونه‌ی اولیه می‌باشد که با پرسشگری از ۲۰ نمونه‌ی اولیه از حجم نمونه به‌دست می‌آید. بر مبنای محاسبات صورت گرفته، واریانس نمونه‌ی اولیه ۰/۲۵۵ به‌دست آمده و با جاگذاری در فرمول فوق حجم نمونه ۱۰۰ نفر برآورد شده است که روش دسترسی به این حجم نمونه بر مبنای روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی بوده است.

۱. Cohen

$$n= (۳,۸۴۱۶ \times ۰,۰۶۵۰) \div ۰,۰۰۲۵ = ۱۰۰ \quad (۲)$$

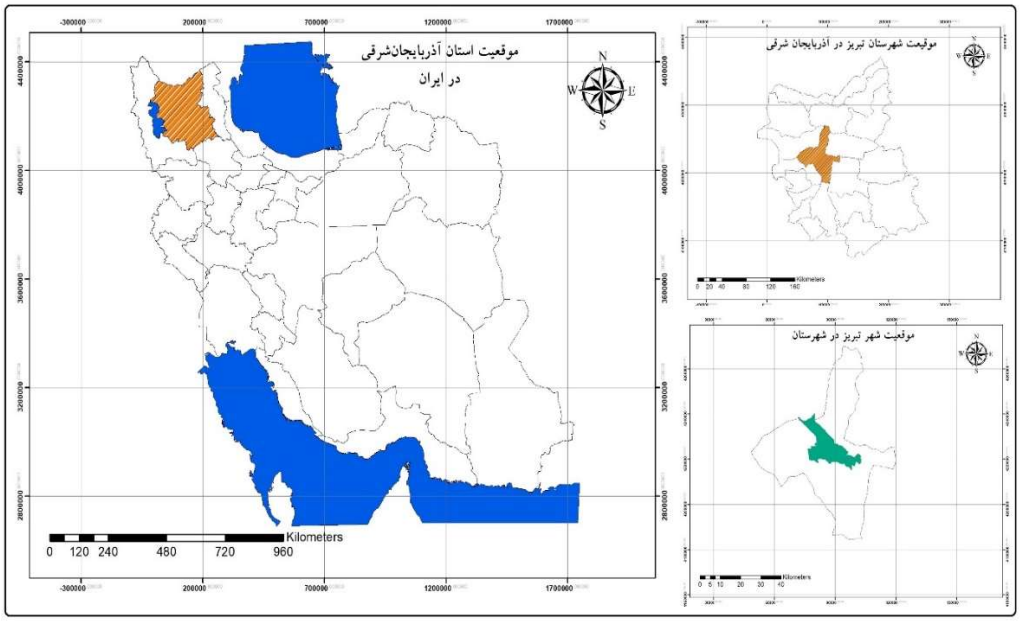
همچنین، مؤلفه‌های مورد بررسی در این تحقیق به شرح جدول ۳ می‌باشد که پرسشنامه‌ی آن بر اساس طیف ۵ مقیاسی لیکرت تدوین شده است.

جدول ۳. مؤلفه‌های مورد بررسی و کدبندی آن‌ها

مؤلفه‌های اصلی	مؤلفه‌های فرعی	گویه‌ها
زیست‌محیطی و اکولوژیک (EE)	دسترسی به طبیعت EE۱	سرانه و توزیع عادلانه‌ی فضاهای سبز EE۱۲، شعاع دسترسی پیاده به پارک‌ها و فضاهای طبیعی EE۱۲، پیوستگی شبکه سبز شهری EE۱۳
	تنوع زیستی و اکوسیستم شهری EE۲	حفاظت و احیای زیستگاه‌های طبیعی EE۲۱، استفاده از گونه‌های بومی در طراحی فضای سبز EE۲۲، تقویت کریدورهای اکولوژیک EE۲۳
	کیفیت محیطی EE۳	شاخص کیفیت هوا EE۳۱، مدیریت هوشمند منابع آب EE۳۲، کاهش جزایر حرارتی شهری EE۳۳
	ادغام طبیعت در کالبد شهر EE٤	بام‌های سبز و دیوارهای سبز EE٤۱، طراحی بیوفیلیک در ساختمان‌های عمومی EE٤۲، استفاده از مصالح طبیعی و پایدار EE٤۳
فناوری و زیرساخت هوشمند (TSI)	زیرساخت دیجیتال TSI۱	پوشش اینترنت پرسرعت و پایدار TSI۱۱، شبکه حسگرهای محیطی (هوا، صدا، رطوبت) TSI۱۲، سامانه‌های پایش بلادرنگ محیطی TSI۱۳
	مدیریت هوشمند منابع TSI۲	سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی TSI۲۱، مدیریت هوشمند پسماند TSI۲۲، سامانه‌های آبیاری هوشمند در فضاهای سبز TSI۲۳
	داده‌محوری و تحلیل هوشمند TSI۳	استفاده از داده‌های کلان در برنامه‌ریزی شهری TSI۳۱، داشبوردهای مدیریتی برای تصمیم‌سازی TSI۳۲، شفافیت و دسترسی عمومی به داده‌های محیطی TSI۳۳
اجتماعی و انسانی (SH)	سلامت و رفاه شهروندان SH۱	کاهش استرس محیطی از طریق طراحی طبیعی SH۱۲، افزایش فعالیت بدنی در فضاهای باز SH۱۲، رضایت‌مندی از کیفیت فضاهای عمومی SH۱۳
	مشارکت شهروندی SH۲	پلتفرم‌های مشارکت دیجیتال SH۲۱، مشارکت در نگهداشت فضاهای سبز SH۲۲، آموزش شهروندی در حوزه‌ی محیط‌زیست SH۲۳
	عدالت فضایی SH۳	توزیع متوازن امکانات هوشمند و طبیعی SH۳۱، توجه به محلات کم‌برخوردار SH۳۲، دسترس‌پذیری برای گروه‌های آسیب‌پذیر SH۳۳
کالبدی و فضایی (PS)	طراحی شهری طبیعت‌محور PS۱	تقویت دید و منظر طبیعی PS۱۱، شبکه فضاهای باز پیوسته PS۱۲، مقیاس انسانی در طراحی معابر PS۱۳
	حمل‌ونقل پایدار و هوشمند PS۲	توسعه‌ی حمل‌ونقل عمومی پاک PS۲۱، مسیرهای پیاده و دوچرخه در بستر سبز PS۲۲، مدیریت هوشمند ترافیک PS۲۳
حکمروایی و مدیریت شهری (GUM)	سیاست‌گذاری یکپارچه GUM۱	ادغام سیاست‌های زیست‌محیطی و فناوری GUM۱۱، تدوین اسناد راهبردی توسعه‌ی پایدار GUM۱۲
	تاب‌آوری شهری GUM۲	آمادگی در برابر تغییرات اقلیمی GUM۲۱، سامانه‌های هشدار سریع محیطی GUM۲۲، برنامه‌های مدیریت بحران هوشمند GUM۲۳
	پایش و ارزیابی مستمر GUM۳	شاخص‌های ارزیابی عملکرد شهر هوشمند بیوفیلیک GUM۳۱، گزارش‌های دوره‌ای کیفیت محیطی GUM۳۲

در راستای قلمرو پژوهش نیز می‌توان گفت که تبریز، مرکز استان آذربایجان شرقی، یکی از شهرهای بزرگ ایران است. این شهر بزرگترین شهر منطقه‌ی شمال غرب کشور بوده و قطب اداری، ارتباطی، بازرگانی، سیاسی، صنعتی، فرهنگی و نظامی این منطقه شناخته می‌شود. این شهر در ۴۱ درجه و ۲۵ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲ دقیقه‌ی عرض شمالی از نصف‌النهار مبدأ واقع شده است و ارتفاع متوسط آن از سطح آب‌های آزاد حدود ۱۳۴۰ متر است. همچنین، این شهر ششمین شهر پرجمعیت ایران پس از شهرهای تهران، مشهد، اصفهان، کرج و شیراز محسوب می‌شود

و بر اساس آخرین سرشماری کشور در سال ۱۳۹۵، دارای ۱۷۳۳۰۳۳ نفر جمعیت بوده است. بررسی رشد فیزیکی و جمعیتی کلان‌شهر تبریز نشان می‌دهد که در فاصله‌ی زمانی ۶۵ ساله (۱۴۰۰-۱۳۳۵)، مساحت این شهر از ۱۱۷۰ هکتار به حدود ۲۰۰۰۰ هکتار و جمعیت آن از ۲۸۹۹۹۶ نفر به ۲۰۷۵۴۱۸ میلیون نفر رسیده است؛[1] یعنی، جمعیت آن قریب به ۷ برابر و توسعه‌ی فیزیکی آن حدود ۱۷ برابر رشد داشته است.



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی شهر تبریز

یافته‌ها

شناسایی مؤلفه‌های اثرگذار بر توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک

به‌منظور شناسایی عوامل تأثیرگذار بر توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک در کلان‌شهر تبریز نیز از نرم‌افزار مدل‌سازی معادلات ساختاری Amos گرافیک استفاده شده است. برای این منظور ابتدا ارتباط ساختاری جزئی برای این رابطه و سپس صورت کلی و نهایی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. ارتباط ساختاری جزئی یا درونی به ارزیابی ارتباط ساختاری ناشی از میزان تأثیر متغیرهای زیست‌محیطی و اکولوژیک، فناوری و زیرساخت هوشمند، اجتماعی و انسانی، کالبدی و فضایی و حکمروایی و مدیریت شهری به‌عنوان متغیر مستقل بر روی توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک در تبریز به‌عنوان متغیر وابسته بوده که برای ورود به بحث کلی و نهایی ابتدا مورد آزمون جداگانه قرار گرفته است.

ورود عوامل تبیین‌کننده‌ی ارتباط ساختاری برای ارزیابی نقش متغیرهای زیست‌محیطی و اکولوژیک، فناوری و زیرساخت هوشمند، اجتماعی و انسانی، کالبدی و فضایی و حکمروایی و مدیریت شهری بر توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک در تبریز نشان می‌دهد که میزان پایایی ترکیبی (CR) و ضریب پایایی (CA) به‌دست آمده بیش از ۰/۷ و میزان میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) که در قطر خطی جدول شماره ۴ مشخص شده است بیش از ۰/۶ می‌باشد. همچنین، همبستگی متغیرهای تحقیق که با رنگ تیره مشخص گردیده است در بازه ۰/۷۷ تا ۰/۸۴ بوده که ورود عوامل را برای تبیین توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک در تبریز به میزان قابل ملاحظه‌ای تشریح می‌کند.

---

۱. آمار رسمی از جمعیت سال ۱۴۰۰ وجود ندارد، با این حال طبق نرخ رشد جمعیت بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ (یعنی ۱/۶)، جمعیت سال ۱۴۰۰ حدود ۲۰۷۵۴۱۸ برآورد می‌گردد.

جدول ۴. تحلیل پایایی تبیینی متغیر مستقل و وابسته در مدل‌سازی معادلات ساختاری

متغیرها	CR[۱]	AVE[۲]	CA[۳]	BSC	EE	TSI	SH	PS	GUM
شهر هوشمند بیوفیلیک (BSC)	۰/۷۳	۰/۶۲۹	۰/۷۴	۰/۸۱۵	–	–	–	–	–
زیست‌محیطی و اکولوژیک (EE)	۰/۷۸	۰/۶۴۱	۰/۸۱	**۰/۶۲۵	۰/۸۳۴	–	–	–	–
فناوری و زیرساخت هوشمند (TSI)	۰/۷۵	۰/۶۸۲	۰/۷۷	**۰/۶۱۱	*۰/۵۷۵	۰/۷۷۲	–	–	–
اجتماعی و انسانی (SH)	۰/۷۲	۰/۶۵۵	۰/۷۵	*۰/۵۶۷	**۰/۶۳۳	*۰/۵۷۲	۰/۷۹۳	–	–
کالبدی و فضایی (PS)	۰/۷۴	۰/۶۴۱	۰/۸۳	**۰/۶۳۴	*۰/۵۹۷	**۰/۶۸۳	*۰/۵۶۹	۰/۸۲۱	–
حکمروایی و مدیریت شهری (GUM)	۰/۷۷	۰/۶۳۸	۰/۷۶	**۰/۶۳۲	*۰/۵۴۶	*۰/۵۶۸	**۰/۶۵۳	*۰/۵۸۸	۰/۷۸۵

**p < ۰,۰۱; *p < ۰,۰۵.

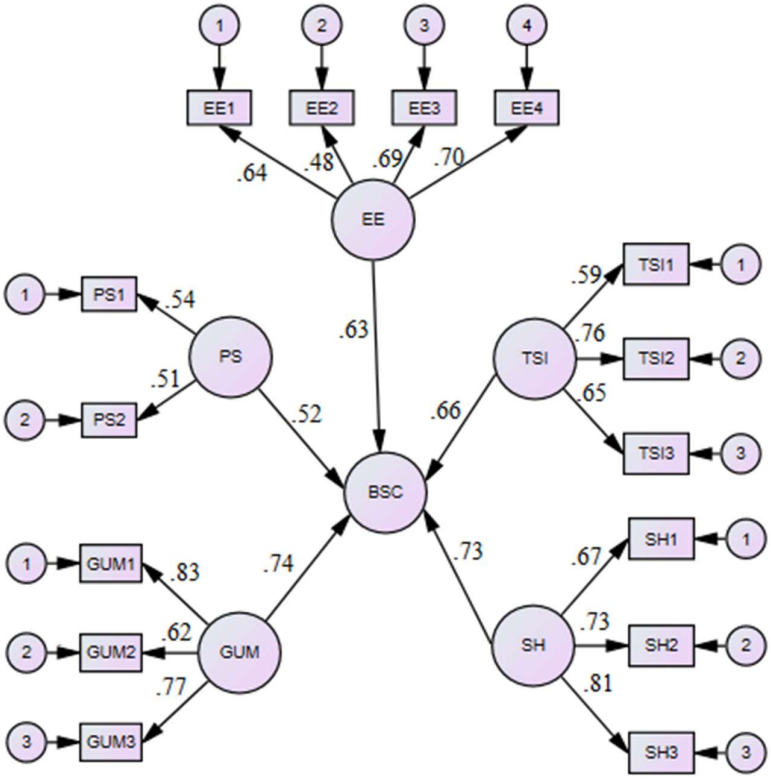
همچنین، مهم‌ترین سنجه‌های شکل‌دهنده‌ی آماری در ساختار عاملی تأییدی سنجه‌ی خی‌دو یا کای اسکوئر (x^2) نسبت کای اسکوئر بر درجه آزادی، شاخص برازش تطبیقی[۴] (CFI) و شاخص برازش افزایشی[۵] (IFI) و در نهایت ریشه‌ی میانگین مربعات تقریبی[۶] (RMSEA) می‌باشد. این سنجه‌ها دارای مقدار معینی بوده که تحلیل را معنادار ساخته و به تشریح ارتباط ساختاری متغیرهای به‌دست آمده می‌پردازد. به علت متورم شدن میزان کای‌اسکوئر در نمونه‌های تحلیلی، اکثر تحلیل‌گران از نسبت کای اسکوئر بر درجه‌ی آزادی استفاده می‌کنند که نمونه‌های دقیق تحلیل‌شده برای شناسایی ساختار را به‌دست می‌دهد. مقدار این نسبت باید ترکیب نیمی از داده‌ها را در بر گیرد. به دیگر سخن، نباید کمتر از دو باشد تا بتوان به معناداری داده‌های به کار رفته اطمینان داشت. نتایج تحلیل ساختار ارتباطی سه متغیر شناسایی شده در این سنجه نشان‌دهنده‌ی قابل قبول بودن آن است. شاخص‌های برازش تطبیقی و افزایشی مطابق با استانداردهای آماری تعیین‌شده هرچه به سمت ۱ میل کنند برازش از سطح نکویی بالایی برخوردار خواهد بود. نتایج این دو شاخص برای متغیرها و تبیین ارتباط ساختاری آن‌ها قابل قبول به‌دست آمده است. شاخص ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطای برآورد یا RMSEA نیز آخرین سنجه‌ی ساختارشناسی در این مرحله است که در الگوهای قابل‌قبول مقدار ۰/۰۸ یا کمتر دارد. برازش الگوهایی که مقادیر بالاتر از ۰/۱ دارند، ضعیف برآورد می‌شوند. همان‌طور که در جدول شماره ۵ مشاهده می‌شود، مقدار این شاخص برای الگوی اندازه‌گیری کمتر از ۰/۰۸ است که نشان‌دهنده‌ی برازش مناسب الگوها، توسط داده‌ها است. در نهایت، با توجه به مطالب یادشده می‌توان نتیجه گرفت که الگوهای اندازه‌گیری برازش خوبی دارند و این بدین معناست که متغیرهای آشکار به‌خوبی می‌توانند متغیرهای پنهان را اندازه‌گیری کنند.

جدول ۵. آماره‌ی ساختار عاملی تأییدی ارتباط ساختاری متغیرهای مستقل و وابسته

متغیرها	x^2	df	P	x^2/df	CFI	IFI	RMSEA
شهر هوشمند بیوفیلیک (BSC)	۲۳۰/۶۷	۹۹	۰/۰۰۰	۲/۳۳	۰/۹۲۱	۰/۹۲۷	۰/۰۳
زیست‌محیطی و اکولوژیک (EE)	۲۴۲/۵۵	۹۹	۰/۰۰۲	۲/۴۵	۰/۹۴۵	۰/۹۲۸	۰/۰۵
فناوری و زیرساخت هوشمند (TSI)	۲۱۸/۷۹	۹۹	۰/۰۰۱	۲/۲۱	۰/۹۰۶	۰/۹۱۳	۰/۰۵
اجتماعی و انسانی (SH)	۲۳۶/۶۱	۹۹	۰/۰۰۳	۲/۳۹	۰/۹۳۳	۰/۹۵۲	۰/۰۲
کالبدی و فضایی (PS)	۲۳۹/۵۸	۹۹	۰/۰۰۰	۲/۴۲	۰/۹۲۷	۰/۹۲۴	۰/۰۴
حکمروایی و مدیریت شهری (GUM)	۲۲۸/۶۹	۹۹	۰/۰۰۴	۲/۳۱	۰/۹۲۳	۰/۹۳۹	۰/۰۳

۱. composite reliabilities
۲. average variance extracted
۳. Cronbach's alpha
۴. comparative fit index
۵. incremental fit index
۶. root-mean-square-error of approximation

بر اساس نتایج به‌دست آمده بیشترین تأثیرگذاری بر توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک در تبریز به ترتیب مربوط به مؤلفه‌های حکمروایی و مدیریت شهری، اجتماعی و انسانی، فناوری و زیرساخت هوشمند، زیست‌محیطی و اکولوژیک و کالبدی و فضایی با ضرایب ۰/۷۴، ۰/۷۳، ۰/۶۶، ۰/۶۳ و ۰/۵۲ بوده است. همچنین، در بین مؤلفه‌های فرعی بیشترین تأثیرگذاری مربوط به مؤلفه‌های سیاست‌گذاری یکپارچه، عدالت فضایی، پایش و ارزیابی مستمر، مدیریت هوشمند منابع و مشارکت شهروندی بوده که به ترتیب ارزش مدل ساختاری برای آن‌ها ۰/۸۳، ۰/۸۱، ۰/۷۷، ۰/۷۶ و ۰/۷۳ به‌دست آمده است.



شکل ۳. معماری ساختار ارتباطی مؤلفه‌های اثرگذار بر توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک

پس از بررسی و تأیید الگوهای اندازه‌گیری برای آزمون معناداری فرضیه‌ها دو شاخص جزئی مقدار بحرانی و P به کار گرفته شده است. بر اساس سطح معناداری ۰/۰۵ مقدار بحرانی می‌بایست بیشتر از ۱/۹۶ باشد، مقدار پارامتر کمتر از این در الگو، با اهمیت شمرده نمی‌شود. همچنین، مقادیر کوچک‌تر از ۰/۰۵ برای مقدار P حاکی از تفاوت معنادار مقدار محاسبه‌شده برای وزن‌های رگرسیونی با مقدار صفر در سطح ۹۵ درصد اطمینان است. بر اساس نتایج مدل، مقدار بحرانی برای همه‌ی متغیرها بالاتر از ۱/۹۶ در سطح اطمینان ۹۵ درصد به‌دست آمده است.

جدول ۶. ضریب رگرسیونی و مقادیر شاخص‌های جزئی مربوط به مؤلفه‌ها

مؤلفه‌ها	ضریب رگرسیونی	مقدار بحرانی	P	نتیجه
زیست‌محیطی و اکولوژیک	۰/۶۰۲	۳/۸۷	۰/۰۰۳	تأیید
فناوری و زیرساخت هوشمند	۰/۶۳۱	۴/۲۵	۰/۰۰۵	تأیید
اجتماعی و انسانی	۰/۶۹۹	۴/۷۰	۰/۰۱۱	تأیید
کالبدی و فضایی	۰/۴۸۵	۳/۳۳	۰/۰۰۶	تأیید
حکمروایی و مدیریت شهری	۰/۷۰۷	۵/۰۳	۰/۰۰۰	تأیید

تدوین الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک در کلان‌شهر تبریز

در چارچوب تدوین الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند مبتنی بر رویکرد بیوفیلیک در کلان‌شهر تبریز، برای هر یک از ابعاد پنج‌گانه (اکولوژیک، فناوری، اجتماعی، کالبدی و حکمروایی) می‌توان چالش‌ها، راهبردها و پروژه‌های عملیاتی را به‌صورت ساختاریافته ارائه کرد که در جدول شماره‌ی ۷ به آن‌ها اشاره شده است.

جدول ۷. چالش‌ها، راهبردها و پروژه‌های عملیاتی توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک در تبریز

ابعاد	چالش‌های کلیدی	راهبردهای پیشنهادی	پروژه‌های عملیاتی
زیست‌محیطی و اکولوژیک	کاهش سرانه‌ی فضای سبز؛ آلودگی هوا؛ تنش آبی؛ گسست اکولوژیک با عرصه‌های طبیعی پیرامونی مانند کوه عینالی	توسعه‌ی شبکه سبز پیوسته؛ احیای کریدورهای اکولوژیک؛ پایش هوشمند شاخص‌های محیطی؛ طراحی بیوفیلیک در ساختمان‌ها	ایجاد کمربند سبز هوشمند؛ اجرای بام و دیوار سبز در ساختمان‌های عمومی؛ سامانه‌ی آبیاری هوشمند؛ بازآفرینی روددره‌های شهری
فناوری و زیرساخت هوشمند	نبود یکپارچگی داده‌ها؛ تمرکز صرف بر فناوری؛ هزینه‌ی بالا؛ شکاف دیجیتال	ایجاد پلتفرم یکپارچه‌ی داده‌ی شهری؛ ادغام برنامه‌های محیطی در طرح‌های توسعه؛ هوشمندسازی زیرساخت‌های آب و انرژی؛ فناوری‌های سبز کم‌مصرف	راه‌اندازی داشبورد محیط‌زیست شهری؛ نصب ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا؛ روشنایی هوشمند پارک‌ها؛ سامانه‌ی مدیریت هوشمند پسماند
اجتماعی و انسانی	کاهش تعاملات اجتماعی؛ فاصله از طبیعت؛ ضعف مشارکت شهروندی؛ نابرابری فضایی	طراحی فضاهای عمومی طبیعت‌محور؛ توسعه‌ی پلتفرم مشارکت دیجیتال؛ آموزش محیط‌زیستی؛ تقویت هویت طبیعی شهر	ایجاد پارک‌های محله‌ای بیوفیلیک؛ اپلیکیشن گزارش مسائل محیطی؛ برنامه مدرسه‌ی سبز هوشمند؛ رویدادهای شهری در فضاهای طبیعی
کالبدی و فضایی	توزیع نامتعادل خدمات؛ وابستگی به خودرو؛ گسست بافت‌ها؛ ضعف ارتباط بصری با طبیعت	توسعه‌ی مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی (TOD)؛ توسعه‌ی محورهای سبز پیاده و دوچرخه؛ طراحی منظر طبیعی؛ بازآفرینی فضاهای رهاشده	ایجاد محور سبز پیاده‌ی متصل به کوه عینالی؛ توسعه‌ی مسیرهای دوچرخه سبز؛ بازطراحی میادین با عناصر طبیعی؛ اجرای پایلوت محلات بیوفیلیک–هوشمند
حکمروایی و مدیریت شهری	نبود سیاست یکپارچه؛ ضعف هماهنگی نهادی؛ محدودیت مالی؛ فقدان نظام ارزیابی	تدوین سند راهبردی شهر هوشمند بیوفیلیک؛ ایجاد ساختار بین‌بخشی؛ جذب سرمایه‌گذاری سبز؛ استقرار نظام پایش عملکرد	تأسیس مرکز نوآوری شهر پایدار؛ تدوین شاخص‌های ارزیابی زیست‌پذیری؛ اجرای پایلوت محلات هوشمند–سبز؛ انتشار گزارش سالانه‌ی کیفیت محیطی

در نهایت، بر مبنای نتایج به‌دست آمده، در جدول شکل شماره‌ی ۸ الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک در کلان‌شهر تبریز ارائه شده است.

جدول ۸. الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند بیوفیلیک در کلان‌شهر تبریز

سطح برنامه‌ریزی	راهبرد بیوفیلیک	ابزار هوشمندسازی	خروجی مورد انتظار
برنامه‌ریزی فضایی مدیریت محیط‌زیست معماری و فضاهای عمومی فرهنگ و آموزش سیاست‌گذاری شهری	حفظ فضاهای سبز، کریدورهای اکولوژیک پایش کیفیت هوا، منابع آب طراحی طبیعت‌محور، نور و جریان هوا آموزش زیست‌محیطی دیجیتال شاخص‌های عدالت محیطی	GIS[۱] و سنجش از دور حسگرها و داشبوردهای محیطی مدل‌های BIM[۲] و IoT[۳] اپلیکیشن‌های آموزشی سیستم‌های داده‌محور	توازن فضایی طبیعت و توسعه کنترل آلودگی و هشدار سریع افزایش آسایش زیستی ارتقای آگاهی عمومی توسعه‌ی پایدار شهری

۱. geographic information system
۲. building information modeling
۳. internet of things

بحث و نتیجه‌گیری

کلان‌شهر تبریز در بستر خود با چالش‌های عدیده‌ای در ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی، کالبدی، زیست‌محیطی و مدیریتی مواجه می‌باشد. بدین منظور نیاز است که الگوهای برنامه‌ریزی توسعه‌ی شهر مبتنی بر پاردایم‌های نوین پایداری باشد. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف تدوین الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند مبتنی بر رویکرد بیوفیلیک در کلان‌شهر تبریز نگارش شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که رویکردهای رایج شهر هوشمند، در صورت تمرکز صرف بر فناوری، قادر به ارتقای پایدار کیفیت زیست شهری نخواهند بود؛ مگر آنکه اصول انسان‌محور و طبیعت‌محور به‌صورت نظام‌مند در ساختار آن ادغام شوند. بنابراین، الگوی ارائه شده‌ی این پژوهش بر پنج بُعد اصلی؛ اکولوژیک–بیوفیلیک، فناوری و زیرساخت هوشمند، اجتماعی–انسان‌محور، کالبدی–فضایی و حکمروایی شهری، استوار است. در این میان، بیشترین اثربخشی زمانی حاصل می‌شود که این ابعاد نه به‌صورت مجزا، بلکه در قالب یک سیستم یکپارچه و هم‌افزا عمل کنند. به‌عبارت دیگر، فناوری باید در خدمت بازپیوند شهر با طبیعت، ارتقای سلامت روانی و جسمی شهروندان، افزایش تاب‌آوری اقلیمی و تحقق عدالت فضایی قرار گیرد. همچنین، در کلان‌شهر بایستی اولویت راهبردی بر توسعه‌ی شبکه سبز هوشمند، مدیریت داده‌محور منابع طبیعی، تقویت محورهای پیاده و سبز و ایجاد ساختار حکمروایی یکپارچه متمرکز باشد. اجرای پروژه‌های پایلوت محله‌ای نیز می‌تواند به‌عنوان گام نخست، امکان آزمون‌پذیری مدل و بومی‌سازی شاخص‌ها را فراهم سازد. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت که «شهر هوشمند بیوفیلیک» نه صرفاً یک مدل فناورانه، بلکه یک چارچوب تحول‌آفرین در برنامه‌ریزی شهری است که می‌تواند مسیر حرکت تبریز را به‌سوی شهری زیست‌پذیرتر، تاب‌آورتر و انسان‌محورتر هموار سازد.

در نهایت، بر مبنای نتایج پژوهش و در راستای توسعه‌ی شهر هوشمند مبتنی بر رویکرد بیوفیلیک در کلان‌شهر تبریز، پیشنهادهای کاربردی و سیاست‌محور زیر ارائه می‌شود:

- تدوین سند راهبردی «شهر هوشمند بیوفیلیک تبریز»: تهیه‌ی یک سند جامع و میان‌بخشی که اهداف، شاخص‌ها، پروژه‌های اولویت‌دار و نظام پایش را به‌صورت یکپارچه مشخص کند. این سند باید پیوند رسمی میان سیاست‌های هوشمندسازی، محیط‌زیست و برنامه‌ریزی شهری را برقرار سازد.
- توسعه‌ی شبکه سبز هوشمند شهری: ایجاد شبکه‌ای پیوسته از پارک‌ها، رودره‌ها و محورهای سبز متصل به عرصه‌های طبیعی پیرامونی مانند کوه عینالی، همراه با سامانه‌های پایش هوشمند کیفیت هوا، رطوبت خاک و مصرف آب برای مدیریت بهینه‌ی منابع طبیعی.
- استقرار سامانه‌ی یکپارچه داده‌های محیطی و شهری: راه‌اندازی پلتفرم داده‌محور که اطلاعات مربوط به کیفیت هوا، انرژی، آب، حمل‌ونقل و فضای سبز را به‌صورت بلادرنگ جمع‌آوری و تحلیل کند و امکان تصمیم‌سازی هوشمند و شفافیت عمومی را فراهم آورد.
- اجرای پایلوت «محله‌ی هوشمند–بیوفیلیک»: انتخاب یک یا چند محله برای اجرای آزمایشی مدل پیشنهادی شامل بام‌های سبز، مسیرهای پیاده‌ی سبز، روشنایی هوشمند، مدیریت پسماند دیجیتال و فضاهای عمومی طبیعت‌محور، به‌منظور ارزیابی اثربخشی و اصلاح الگو پیش از تعمیم شهری.
- تقویت حمل‌ونقل پاک و محورهای پیاده‌مدار: توسعه‌ی مسیرهای دوچرخه و پیاده در کریدورهای سبز، کاهش وابستگی به خودروی شخصی و بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند مدیریت ترافیک به‌منظور کاهش آلودگی و ارتقای سلامت شهروندان.

- نهادینه‌سازی مشارکت شهروندی دیجیتال در مدیریت محیط‌زیست: طراحی اپلیکیشن‌ها و سامانه‌های مشارکتی برای گزارش مشکلات محیطی، پایش مردمی کیفیت فضاهای سبز و جلب همکاری شهروندان در نگهداشت محیط شهری، همراه با برنامه‌های آموزشی در مدارس و محلات.

این شش پیشنهاد، در صورت اجرای هماهنگ و مرحله‌بندی‌شده، می‌توانند بستر عملی تحقق مدل شهر هوشمند بیوفیلیک را در تبریز فراهم ساخته و زمینه‌ی ارتقای زیست‌پذیری، تاب‌آوری اقلیمی و عدالت فضایی را مهیا کنند. همچنین، این پژوهش قابلیت تعمیم‌پذیری به سایر کلان‌شهرهای ایران را دارا می‌باشد، هرچند در راهبردهای استخراج‌شده بایستی شرایط بومی هر شهر مدنظر قرار گیرد.

منابع

خالدی، شاهین، حبیب، فرح، و ماجدی، حبیب. (۱۴۰۲). نوآوری و فناوری‌های بام سبز، با تأکید بر منطقه یک تهران. *آمایش محیط*، ۱۶(۶۱)، ۱۷۵-۱۹۲.

سربلند، معصومه سادات، و عابدینی، اصغر. (۱۴۰۴). ارزیابی و بومی‌سازی برنامه‌ریزی هوشمند با رویکرد بیوفیلیک در شهر ارومیه. *پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، ۱۶(۴۰)، ۶۵-۸۶.

لشکری، حمیدرضا، سالاری، علیرضا، رومنده، فاطمه، سالاری، زهرا، و حیدری، محمد. (۱۴۰۱). شهر سبز رویکرد نوآورانه در مدیریت شهری و شهرسازی. *پژوهش‌های کاربردی در فنی و مهندسی*، ۳(۲۸)، ۴۳-۴۹.

Abu-Rayash, A., & Dincer, I. (۲۰۲۱). Development of integrated sustainability performance indicators for better management of smart cities. *Sustainable Cities and Society*, *67*, ۱۰۲۷۰٤.

Albort-Morant, G., Leal-Millan, A., & Cepeda-Carrion, G. (۲۰۱٦). The antecedents of green innovation performance: a model of learning and capabilities. *Journal of Business Research*, *۶۹*(۱۱), ۴۹۱۲-۴۹۱۷.

Angelidou, M. (۲۰۱٥). Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities*, *47*, ۹٥–۱۰٦.

Asim, F., Rai, S., & Shree, V. (۲۰۲۰). Biophilic architecture for restoration and therapy within the built environment: a review. *Visions for Sustainability*, *15*, ٥۳–۷۹.

Barron, S., Nitoslawski, S., Wolf, K. L., Woo, A., Desautels, E., & Sheppard, S. R. J. (۲۰۱۹). Greening blocks: A conceptual typology of practical design interventions to integrate health and climate resilience co-benefits. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(۲۱), ٤۲٤۱.

Beatley, T. (۲۰۱۷). Biophilic cities and healthy societies. *Urban Planning*, ۲, ۱–٤.

Beckers, D., Gerli, P., Mora, L., Thabit, S., & Tonnarelli, F. (۲۰۲۳). *Managing smart city governance: A playbook for local and regional governments*. https://unhabitat.org/sites/default/files/۲۰۲۳/۱۱/managingsmartcitygvnce_playbook.pdf

Bonab, A.B., Bellini, F., & Rudko, I. (۲۰۲۳). Theoretical and analytical assessment of smart green cities. *Journal of Cleaner Production*, *410*, ۱۳۷۳۱٥.

Burns, R., & Welker, P. (۲۰۲۳). Interstitiality in the smart city: More than top-down and bottomup smartness. *Urban Studies*, *60*(۲), ۳۰۸-۳۲٤.

Chen, B., Gong, C., & Li, S. (۲۰۲۲). Looking at buildings or trees? Association of human nature relatedness with eye movements in outdoor space. *Journal of Environmental Psychology*, *80*, ۱۰۱۷٥۶.

Correia, L.M., & Wunstel, K. (۲۰۱۲). S*mart cities applications and requirements*. Net! Works Europen Technology platform. https://grow.tecnico.ulisboa.pt/

Demographia. (۲۰۲۲). *Demographics development impacts market research & urban policy*. Demographia. http://www.demographia.com

Dhayal, K. S., Giri, R. K., Esposito, L., & Agrawal, S. (۲۰۲۳). Mapping the significance of green venture capital for sustainable development: a systematic review and future research agenda. *Journal of Cleaner Production*, *396*, ۱۳٦٤۸۹.

El-Baghdadi, O., & Desha, C. (۲۰۱۷). Conceptualising a biophilic services model for urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, *27*, ۳۹۹–٤۰۸.

Fanning, A. L., O'Neill, D. W., Hickel, J., & Roux, N (۲۰۲۲). The social shortfall and ecological overshoot of nations. *Nature Sustainability*, *5*(۱), ۲٦–۳٦.

Faria, P., Ferreira, F., Jalali, M., Bento, P., Ant´onio, N. (۲۰۱۸). Combining cognitive mapping and MCDA for improving quality of life in urban areas. *Cities*, *78*, ۱۱۶–۱۲۷.

Foster, J., & Sandberg, L. (۲۰۱٤). Post-industrial urban greenspace: Justice, quality of life and environmental aesthetics in rapidly changing urban environments. *Local Environment*, ۱۹(۱۰), ۱۰۴۳□۱۰۴۸.

Gaekwad, J., Sal Moslehian, A., Roos, P., & Walker, A. (۲۰۲۲). A meta-analysis of emotional evidence for the biophilia hypothesis and implications for biophilic design. *Frontiers in Psychology*, *13*, ۲٤۷٦.

Gracias, J. S., Parnell, G. S., Specking, E., Pohl, E. A., & Buchanan, R. (۲۰۲۳). Smart cities—A structured literature review. *Smart Cities*, *6*(٤), ۱۷۱۹–۱۷٤۳.

Hawthorne, T., Toohy, K., Yang, B., Graham, L., Lorenzo, E., Torres, H., McDonald, M., Rivera, F., Bouck, K., & Walters, L. J. (۲۰۲۲). Mapping emotional attachment as a measure of sense of place to identify coastal restoration priority areas. *Applied Geography*, *138*, ۱۰۲٦۰۸.

Huang, W., Gao, B., Cui, S., Huang, Y., Zhang, X., Shen, Y., Fang, X., Wang, L., Xu, S., & Zuo, S. (۲۰۲۳). Evaluating green city development in China using an integrated analytical toolbox. *J*

HyeokoYang, J. (۲۰۱۲). *Smart city strategy Smart city Consultant KC smart Services KT Corp*. Incheon U-City Company.

Jose, R., & Rodrigues, H. (۲۰۲٤). A review on key innovation challenges for Smart City initiatives. *Smart Cities*, *7*(۱), ۱٤۱–۱٦۲.

Kellert, S. (۲۰۱٦). Biophilic urbanism: The potential to transform. *Smart and Sustainable Built Environment*, *5*(۱), ٤–۸.

Kellert, S. R., Heerwagan, G. H., & Mador, M. (۲۰۰۸). *Biophilic design: The theory, science, and practice of bringing buildings to life*. NewJersy: John Wiley & Sons Inc.

Khalegi, S., Habib, F., & Majidi, H. (۲۰۲۳). Innovation and Green Roof Technologies, with an Emphasis on District ۱ of Tehran. *Amayesh Journal*, *16*(٦۱), ۱۷۵–۱۹۲. [In Persian].

Kondo, M. C., Fluehr, J. M., McKeon, T., & Branas, C. C. (۲۰۱۸). Urban Green Space and Its Impact on Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(۳), ٤٤۵.

Lashkari, H.R., Salari, A.R., Rumandeh, F., Salari, Z., & Heydari, M. (۲۰۲۲). Green city: An innovative approach to urban management and urban development. *Applied Research in Technology and Engineering*, *3*(۲۸), ٤۹-٤۳. [In Persian].

Luo, Y. S., Wang, Q., Long, X., Yan, Z., Salman, M., & Wu, C. (۲۰۲۳). Green innovation and SO۲ emissions: dynamic threshold effect of human capital. *Business Strategy and the Environment*, *32*(۱), ٤۹۹-۵۱۵.

Mensah, C. N., Long, X., Dauda, L., Boamah, K. B., Salman, M., Appiah-Twum, F., & Tachie, A. K. (۲۰۱۹). Technological innovation and green growth in the Organization for Economic Cooperation and Development economies. *Journal of Cleaner Production*, *240*, ۱۱۸۲۰٤.

Mollazadeh, M., & Zhu, Y. (۲۰۲۱). Application of virtual environments for biophilic design: A critical review. *Buildings*, *11*, ۱٤۸.

Mondschein, J., Clark-Ginsberg, A., & Kuehn, A. (۲۰۲۱). Smart cities as large technological systems: Overcoming organizational challenges in smart cities through collective action. *Sustainable Cities and Society*, *67*, ۱۰۲۷۳۰.

Rios, P. (۲۰۱۲). *Creating "the smart city"*. (Ph.D. Thesis). University of Detroit Mercy, Detroit, MI, USA.

Santo-Tomas, R., Saenz, C., & Rodríguez, E. (۲۰۲۰). Green infrastructures in the peri-urban landscape: Exploring local perception of well-being through 'go-alongs' and 'semi-structured interviews'. *Sustainability*, *12*(۱۷), ٦۸۳٦.

Sarboland, M. S., & Abedini, A. (۲۰۲۵). Evaluation and localization of smart planning with biophilic approach in Urmia city. *Journal of Urban Ecology Researches*, *16*(٤۰), ٦۵–۸٦. [In Persian].

Shanahan, D. F., Astell-Burt, T., Barber, E. A., Brymer, E., Cox, D. T. C., Dean, J., & Gaston, K. J. (۲۰۱۹). Nature-based interventions for improving health and wellbeing: The purpose, the people and the outcomes. *Sports*, *7*(٦), ۱٤۱.

Sharifi, A., Amirzadeh, M., & Khavarian-Garmsir, A. R. (۲۰۲۵). The metaverse as a future form of smart cities: A systematic literature review of co-benefits and trade-offs for sustainable development goals. *Cities*, ۱٦۱, ۱۰۵۸۷۹.

Sun, Q. (۲۰۲٤). Smart city and green innovation: Mechanisms and industrial emission reduction effect. *Heliyon*, *10*(۹), e۳۰۱۱۵.

The World Bank. (۲۰۲۲). Overview of urban development. https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview.

Wang, Z. A., & Zheng, C. (۲۰۲۲). Is technological innovation the cure for overcapacity? Exploring mediating and moderating mechanisms. *Journal of Business Research*, *147*, ۳٤۸–۳٦۱.

WHO Regional Office for Europe. (۲۰۱٦). Urban green spaces and health: A review of evidence. Copenhagen. https://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/۰۰۰۵/۳۲۱۹۷۱/Urban-green-spaces-and-health-review-evidence.pdf.

Wu, T., Yi, M., & Zhang, Y. (۲۰۲٤). Towards cities' green growth: The combined influence of economic growth targets and environmental regulations. *Cities*, *146*, ۱۰٤۷۵۹.

استناد به این مقاله: کیانی کلجاهی، فاطمه، پناهی، علی، و احمدزاده، حسن. (۱۴۰۴). تدوین الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند مبتنی بر رویکرد بیوفیلیک (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز). *فصلنامه پژوهش‌های نوین در شهر هوشمند*، ۴(۲)، ۴۲-۵۸.

New Researches in The Smart City is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial ٤,۰ International License.