



Development of an Interpretive Structural Model of Biophilic Urbanism in a Hot and dry Climate

Abbas Kalantari Sarcheshmeh 	PhD Student, Urban Planning, Yazd University, Yazd.
Neshat Tavakoli 	Master of Urban Planning, Tarbiat Modares University, Tehran.
Dorsa Fotouhi Ardakani 	Master of Regional Planning, Tarbiat Modares University, Tehran.
Reza Akbari * 	Associate Professor of Urban Planning, Yazd University, Yazd.

1. Introduction

Growing urban pressures have led to environmental degradation and the disconnection of humans from nature. Biophilic urbanism serves as a vital sustainability paradigm, particularly for hot-arid, climate-stressed regions. While Yazd possesses a rich history of climate-responsive architecture, contemporary development has often neglected this ecological intelligence. To address the gap between fragmented theory and actionable policy, this study identifies the causal structure of biophilic principles in hot-arid contexts. It develops a localized interpretive structural model for Yazd, offering a robust, climate-adaptive framework for sustainable urban planning in similarly vulnerable regions.

Research Question(s)

How can locally relevant indicators and causal structures of biophilic urbanism be identified and translated into a context-specific framework to improve sustainability and livability in hot-arid Yazd?

2. Literature Review

Biophilia describes an innate human emotional bond with nature (Fromm; Wilson; Cabanek & Newman, 2016; Lee & Kim, 2021), a connection increasingly weakened by modern urbanization (Kellert, 2016). Biophilic design aims to restore this link by

* Corresponding Author: r_akbari@yazd.ac.ir

How to Cite: Kalantari Sarcheshmeh, A; Tavakoli, N; Fotouhi Ardakani, D; Akbari, R. (2026). The Explanation of an Interpretive Structural Model for the Application of Biophilic Urban Planning in Hot and Arid Climates, *Journal Urban and Regional Development Planning*, 11 (36). 85-122.

integrating natural elements into the built environment to improve health, well-being, and quality of life (Dobson et al., 2021; Tekin & Aktog, 2025; O’Sullivan et al., 2023). Defined by organic and place-based dimensions (Kellert & Calabrese, 2015), these principles are essential for urban planning (Kellert & Wilson, 1993; Beatley & Newman, 2013). They foster “biophilic cities” that provide economic and environmental value (Haas & Olsson, 2016) while addressing urbanization challenges, such as energy consumption and climate change (Stephenson et al., 2010; Xue et al., 2019; Lefosse et al., 2025). In hot-arid contexts, strategies like courtyards and green façades further enhance thermal comfort and carbon performance (Uçer et al., 2024; Waheeb et al., 2024; Chojnacka et al., 2024). However, despite these benefits, biophilic implementation in Iran remains limited to small-scale or theoretical research, hindered by a lack of stakeholder engagement and integrated policy frameworks—a critical gap this study aims to address.

3. Methodology

Introduced by Warfield (1977), Interpretive Structural Modeling (ISM) translates expert judgment into a hierarchical framework. By clarifying interdependencies and influence levels, it effectively organizes complex systems into a structured model. In this study, ISM is used to identify and analyze interactions among dimensions and indicators affecting biophilic urban development in the hot-dry climate of Yazd. Data were collected through a targeted survey of 15 experts selected based on academic specialization in urban planning, architecture, conservation, or environmental studies; at least five years of professional or research experience; and familiarity with sustainability and biophilic concepts in Iranian hot-dry cities. The ISM process involved three main steps: identifying biophilic urbanism indicators, determining conceptual relationships among them, and mapping their interaction network. The research progresses from literature review to the development of a final structural model for biophilic urbanism in hot-dry contexts. Yazd, a prominent example of climatic adaptation in Iran’s hot-dry region, was selected as the case study due to its historically coherent environmental and architectural responses, contrasted with its contemporary urban fabric, where climatic considerations have diminished and no clear corrective model exists—highlighting the need for the present investigation.

4. Results

The ISM analysis established a hierarchical structure for biophilic urbanism in Yazd based on expert consensus (15 specialists). Indicators were coded as: A (Urban fabric), B (Building design), C (Street design), D (Green/open spaces), E

(Environmental placemaking), F (Land-use/services), G (Biophilic behavior), and H (Biophilic governance).

The hierarchical partitioning (Table 1) and MICMAC analysis (Figure 1) reveal a causal system where institutional and behavioral factors drive physical outcomes:

- Strategic Drivers (Level 4): Biophilic governance (H) and behavior (G) are the primary catalysts.
- Intermediate Links (Levels 2–3): Placemaking (E), building design (B), and street design (C) translate policy into form.
- Foundational Outcomes (Level 1): Urban fabric (A), green spaces (D), and land-use (F) are the most dependent variables.

Table 1

Determining Relationships and Level Partitioning of Dimensions

	Dimensions	Reachability Set	Antecedent Set	Intersection Set	Level
A	Urban Fabric	1	1,3,5,7,8	1	I
B	Building Design	2,4	2,7,8	2	II
C	Street Design	1,3,6	3,5,7,8	3	II
D	Green/Open Spaces	4	2,4,7,8	4	I
E	Environmental Placemaking	1,3,5,6	5,7,8	5	III
F	Land-use/services	6	3,5,6,7,8	6	I
G	Biophilic Behavior and Lifestyle	1,2,3,4,5,6,7,8	7,8	7,8	IV
H	Biophilic Governance	1,2,3,4,5,6,7,8	7,8	7,8	IV

Figure 1

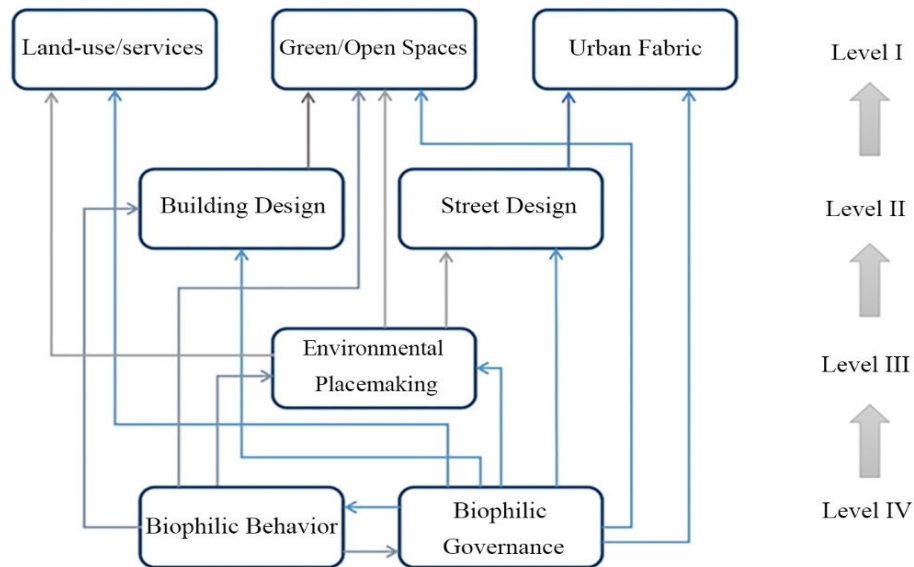
Level Partitioning of Dimensions (The Final Model)

As shown in Figure 1, the model demonstrates that successful biophilic transition in Yazd requires a top-down strategy: systemic reform in governance and behavior must precede physical urban interventions to achieve climatic resilience.

5. Discussion

This research establishes a hierarchical framework for biophilic urbanism in hot-arid regions, prioritizing governance and behavior as foundational for Yazd's urban policy. By mapping causal links between policy, design, and environmental outcomes, this study provides a strategic roadmap for planners. Unlike global literature that focuses on physical infrastructure, the ISM results reveal that institutional and behavioral reforms are the primary drivers for Yazd. This structural

model offers a systematic approach to enhancing climate resilience and energy efficiency, serving as a replicable guide for other vulnerable regions aiming to transition from fragmented to nature-inclusive planning.



6. Conclusion

This study reveals a paradigm shift for biophilic urbanism in Yazd: prioritizing institutional and socio-behavioral transformation over physical green infrastructure. ISM results confirm that “Biophilic Governance” and “Behavior” are the primary systemic drivers; physical interventions (e.g., land-use or urban fabric) are dependent variables that succeed only when aligned with these foundations. Consequently, sustainability in Yazd is primarily a governance challenge, requiring institutional coherence and nature-aligned lifestyles to overcome local constraints—such as fragmented authority and limited resources—thereby ensuring long-term climatic resilience and environmental performance.

Keywords: Biophilic Urban Planning, Hot and dry Climate, Yazd, Interpretive Structural Modeling



تبیین مدل ساختاری تفسیری جهت کاربست شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک

عباس کلانتری سرچشمه ^{id} دانشجوی دکتری رشته شهرسازی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

نشاط توکلی ^{id} دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

درسا فتوحی اردکانی ^{id} دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

رضا اکبری * ^{id} دانشیار گروه شهرسازی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

چکیده

شهرها با تنش‌های بسیاری از جمله تغییرات آب‌وهوایی، همراه با تأثیر جزیره گرمایی و آلودگی‌های اقلیمی، بحران‌های سلامت و دیگر معضلات شهری مواجه هستند که این امر ضرورت توجه به رویکردهای پایدار را نشان می‌دهد. رویکرد بایوفیلیک به‌عنوان یکی از رهیافت‌های پایداری به‌سرعت در حال توسعه است و از منافع انسان‌ها در کنار حفظ منابع طبیعی و زیستی محافظت می‌کند. این رویکرد شامل مباحث مرتبط با سبزی‌نگی، حکمروایی، زیرساخت‌ها، طراحی شهری و رفتارها و سبک زندگی می‌شود. از سوی دیگر شهر یزد به‌عنوان یک شهر واقع در منطقه گرم و خشک، از نمونه شهرهای پایدار محسوب می‌شد اما بافت جدید شهر از این رویکرد الگو نگرفته است و با معضلات آسایش اقلیمی و انرژی مواجه است؛ بنابراین این رویکرد برای حل معضلات شهر یزد می‌تواند مؤثر واقع شود. هدف پژوهش حاضر انطباق شاخص‌های شهرسازی بایوفیلیک با اصول شهرسازی در اقلیم گرم و خشک و در نهایت تبیین مدل ساختاری تفسیری ایجاد بستر جهت کاربست آن در شهر یزد است. در این پژوهش ابتدا شاخص‌های بایوفیلیک و شاخص‌های شهرسازی در اقلیم گرم و خشک با مطالعات اسنادی استخراج گردیده است. سپس با تلفیق و ترکیب شاخص‌های مذکور، شاخص‌های نهایی شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک تعیین گردیده است. در ادامه با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) و تکمیل ماتریس اولیه توسط ۱۵ نفر متخصص این حوزه، به تعیین روابط بین ابعاد و شاخص‌ها پرداخته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که حکمروایی بایوفیلیک و رفتار و سبک زندگی بایوفیلیک، بیشترین اثرگذاری را بر سایر شاخص‌ها دارد؛ پس می‌تواند منشأ اکثر شاخص‌ها در سایر ابعاد باشد و با ایجاد تغییر در دیگر ابعاد شهر می‌توان اثربخشی بیشتری در زمینه بایوفیلیک شهر یزد قابل دست‌یافت.

کلیدواژه‌ها: شهرسازی بایوفیلیک، اقلیم گرم و خشک، یزد، مدل‌سازی ساختاری تفسیری

مقدمه

از دهه ۱۹۹۰ جهان به‌عنوان یک سیستم واحد و شکننده دیده می‌شود و با افزایش جمعیت شهری، مصرف منابع طبیعی شدت یافته است. در این نگاه، قرن ۲۱ نه تحت سلطه کشورها بلکه تحت سلطه شهرها خواهد بود؛ شهرها به واحدهای حکمرانی جدید تبدیل می‌شوند که نظم جهانی آینده بر پایه آن‌ها شکل می‌گیرد (Khanna, 2010). داده‌های سازمان ملل نشان می‌دهد اکنون ۵۵ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند و این رقم تا ۲۰۵۰ به ۶۸ درصد خواهد رسید. شهرنشینی علاوه بر منافع اجتماعی-فرهنگی و اقتصادی، پیامدهای ناخواسته‌ای دارد؛ ازجمله فشار بر زمین و منابع طبیعی، نابودی تنوع زیستی و اختلال در خدمات اکولوژیکی. همچنین این روند بر روابط پیچیده میان انسان‌ها و محیط طبیعی و ساخته‌شده اثرگذار است (O'Sullivan et al., 2023; R C Amat et al., 2020). در توسعه شهرها، مصرف و بهره‌گیری از منابع طبیعی و محیط‌زیست، بسیار زیاد و اغلب از ظرفیت قابل تحمل اکوسیستم طبیعی فراتر رفته است و در همین راستا توسعه پایدار در طول زمان و به‌تدریج رویکردهایی متنوع را با اهداف متنوع مطرح ساخته است (جمعه پور، ۱۳۹۹) در رویکردهای نوین، شهرها به‌عنوان سیستم‌های اکولوژیکی-اجتماعی بر بستری طبیعی، توسط نیروهای پیچیده اجتماعی و اقتصادی تعدیل می‌شوند (اتحاد و جمعه پور، ۱۴۰۱). شهرهای امروز در معرض تنش‌های فراوانی قرار دارند. فشارهای ناشی از تراکم شهری و تغییرات اقلیمی، همراه با اثر جزیره گرمایی و آلودگی هوا، بحران‌های سلامت انسان ازجمله استرس، چاقی و مشکلات سلامت روان را تشدید می‌کنند (Söderlund, 2019, p. 13)؛ در پاسخ به چالش‌های فزاینده شهرسازی و رشد سریع جمعیت، ضرورت پیوند دوباره شهرها با طبیعت و بهره‌گیری از رویکردهای پایدار بیش‌ازپیش احساس می‌شود. در این میان، انگاره بایوفیلیک به‌عنوان رویکردی نوین می‌کوشد زیرساخت‌های شهری را با طبیعت تلفیق کند تا منافع انسان در چارچوب حفظ منابع طبیعی تأمین شود؛ به‌گونه‌ای که طبیعت در طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت شهری نقش محوری یافته و به بخش جدایی‌ناپذیر زندگی شهر بدل گردد.

در معماری و شهرسازی سنتی ایران، اقلیم نقش محوری داشت. برای نمونه شهر یزد، باوجود آسیب‌های مدرنیسم، به دلیل تطابق معماری و شهرسازی با اقلیم گرم و خشک، کارآمد و سرزنده باقی مانده است. اما در توسعه‌های جدید شهری، اصول پایداری و طراحی اقلیمی عمدتاً نادیده گرفته شده است (هاشمی فدکی و روشنی، ۱۳۹۲). رویکرد بایوفیلیک، مبتنی بر پیوند فطری انسان با طبیعت، که ابتدا پاسخی به بحران‌های شهری بود، امروزه به عنوان رویکردی نوین در شهرهای پیشرو مطرح است و مزایای اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی آن تأیید شده است. به نحوی دیگر می‌توان گفت بوم‌محوری شامل توجه به زمین به عنوان یک کل یکپارچه است که طبیعت و انسان را به صورت یکجا در نظر می‌گیرد (جمعه پور، ۱۴۰۱). به دلیل نقش رویکرد بایوفیلیک در تعادل بخشی به سیستم آب‌وهوایی، این رویکرد برای کاهش مشکلات شهرهای دارای اقلیم گرم و خشک بسیار کارآمد است (Söderlund, 2019, p. 165). این پژوهش بر اصول بایوفیلیک و مفهوم شهر بایوفیلیک در راستای تبیین مدل ساختاری-تفسیری متناسب با اقلیم گرم و خشک تمرکز دارد. اگرچه بایوفیلیک اغلب به اشتباه معادل سبزی‌نگی تلقی می‌شود، بررسی مبانی نظری نشان می‌دهد این رویکرد فراتر از آن بوده و مفاهیم متنوعی را در برمی‌گیرد. باوجود گسترش ادبیات نظری شهر بایوفیلیک، بیشتر مطالعات بر اقلیم‌های معتدل و مرطوب متمرکز بوده و الگوی بومی متناسب با شرایط اقلیمی، کالبدی و فرهنگی شهرهای گرم و خشک کمتر بررسی شده است. شهر یزد، با پیشینه شهرسازی اقلیم‌محور و مواجهه هم‌زمان با چالش‌هایی مانند افزایش دما و کاهش زیست پذیری، بستر مناسبی برای این پژوهش فراهم می‌کند. ازاین‌رو، مسئله محوری این پژوهش آن است که چه شاخص‌ها و ساختارهای علی-معلولی در به کارگیری اصول بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک وجود دارد و چگونه می‌توان بر مبنای آن‌ها مدلی بومی برای ارتقای پایداری و زیست پذیری شهر یزد ارائه کرد؟ هدف نهایی پژوهش، تبیین مدلی ساختاری-تفسیری از مؤلفه‌های بایوفیلیک سازگار با ویژگی‌های اقلیمی و فرهنگی شهر یزد است تا بتواند راهنمایی برای برنامه‌ریزی و طراحی شهری در اقلیم‌های مشابه فراهم آورد. بنابراین در شهر یزد، با توجه

به اقلیم گرم و خشکی که دارد، این رویکرد می‌تواند برای بهبود معضلات شهری مفید و مؤثر واقع گردد. نوآوری پژوهش حاضر در بهره‌گیری از مفاهیم و اصول شهرسازی بایوفیلیک و تلفیق آن‌ها با اصول شهرسازی اقلیم‌محور در نواحی گرم و خشک است. بر همین اساس، پژوهش حاضر با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری^۱، شاخص‌های مؤثر بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک (به‌ویژه در شهر یزد) را شناسایی و مدل‌سازی می‌کند.

پیشینه پژوهش

علی‌رغم ضرورت استفاده از رویکرد شهرسازی بایوفیلیک در برنامه‌ریزی و طراحی شهری و کاربست آن در سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه شهری در مقیاس‌های مختلف، این رویکرد در ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است؛ به‌خصوص در شهرهایی نظیر یزد که اقلیم گرم و خشک دارند و معضلاتی نظیر کم‌آبی و کمبود فضاهای سبز شهری در آن بیشتر به چشم می‌خورد. ازاین‌رو در ادامه به بررسی تعدادی از پژوهش‌های این حوزه پرداخته که نمونه‌هایی محدود از کاربست بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک و شهرهای ایران را نیز شامل می‌شود.

ابراهیم‌پور (۲۰۲۰) با استفاده از رویکرد کیفی و فرا تحلیل، چارچوبی بومی برای طراحی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک ایران پیشنهاد کرده است. وی نشان داد که تقویت تجربه طبیعی، کنترل شرایط محیطی و افزایش ارتباط انسان و طبیعت از مهم‌ترین مؤلفه‌های طراحی در این اقلیم هستند و مدلی ارائه کرد که می‌تواند مبنای توسعه رویکردهای بایوفیلیک در معماری و شهرسازی مناطق گرم و خشک باشد (Ebrahimpour, 2020). باین‌حال، بررسی پژوهش‌ها و اسناد برنامه‌ریزی شهری در ایران نشان می‌دهد که این رویکرد تاکنون به‌صورت سیستماتیک در سیاست‌گذاری‌ها،

طرح‌های جامع شهری یا دستورالعمل‌های ملی وارد نشده است و فقدان دستورالعمل‌های رسمی و مطالعات موردی در این زمینه، شواهدی از عدم توجه کافی به شهرسازی بایوفیلیک در ایران محسوب می‌شوند. لی و کیم (۲۰۲۱) چارچوبی برای «شهرگرایی بایوفیلیک» ارائه کردند و نشان دادند که ادغام عناصر طبیعی در مقیاس شهری، از جمله فضاهای سبز و زیرساخت‌های طبیعی، تاب‌آوری محیط‌های شهری را در برابر تغییرات اقلیمی افزایش می‌دهد. مطالعات مشابه در ایران بسیار محدود هستند و این نشان می‌دهد که رویکرد بایوفیلیک در مقیاس شهری در کشور هنوز وارد برنامه‌ریزی عملی نشده است (Lee & Kim, 2021). شو و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی دیدگاه ذی‌نفعان، نشان دادند که موفقیت شهرگرایی بایوفیلیک نیازمند مشارکت فعال سیاست‌گذاران، طراحان و کاربران شهری است (Xue et al., 2019). در ایران، فقدان چنین مشارکتی در اسناد ملی و طرح‌های توسعه شهری، یکی از دلایل عدم تحقق این رویکرد است. از منظر آسایش حرارتی، یوسر و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که حیاط‌ها و فضاهای نیمه‌باز می‌توانند میکرو اقلیم محلی را تعدیل کنند و واحیب و همکاران (۲۰۲۴) دریافتند که الگوهای بیومیمتیک مصرف انرژی و شاخص‌های آسایش حرارتی را بهبود می‌بخشند. با این وجود، بررسی پروژه‌ها و طرح‌های شهری در ایران نشان می‌دهد که استفاده سیستماتیک از این الگوها در بافت‌های مسکونی و شهری هنوز محدود است (Uçer et al., 2024; Waheeb et al., 2024). ایزدی و همکاران (۱۴۰۴) معیارهای مؤثر برای پیاده‌سازی شهرسازی بایوفیلیک در ایران را شناسایی کردند و ۵۱ مفهوم و ۵ بعد کلیدی (اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، کالبدی و عملکردی) را استخراج نمودند. با وجود این، بررسی اسناد رسمی و برنامه‌های شهری نشان می‌دهد که تاکنون این معیارها به صورت نظام‌مند در برنامه‌ریزی شهری کشور به کار گرفته نشده‌اند (ایزدی و همکاران، ۱۴۰۴). عبدی و حسینیان (۱۴۰۰) نشان دادند که رشد بی‌برنامه شهرنشینی پیامدهای زیست‌محیطی جدی دارد و طراحی پایدار و مدیریت منابع طبیعی برای ارتقای کیفیت محیط شهری ضروری است. همچنین، روستا و حسن‌شاهی (۱۳۹۹) با ارائه مدل شاخص‌های بایوفیلیک در مقیاس محله، بر

ضرورت بومی‌سازی این شاخص‌ها برای آرامش زیستی و پایداری محیطی تأکید کردند؛ با این حال، این مدل‌ها هنوز در محلات ایران به‌طور عملیاتی اجرا نشده‌اند.

با توجه به بررسی مطالعات انجام‌شده، مشخص می‌شود که اگرچه پژوهش‌هایی به بررسی اصول طراحی بایوفیلیک و شاخص‌های شهری در اقلیم‌های گرم و خشک پرداخته‌اند و مدل‌های مفهومی متنوعی ارائه شده است، در ایران شواهد کمی از پیاده‌سازی نظام‌مند و عملی این رویکرد در سطح شهر و محله وجود دارد. اکثر مطالعات به‌صورت نظری یا تحلیل داده‌های محدود انجام شده‌اند و اسناد رسمی، برنامه‌های توسعه شهری و دستورالعمل‌های ملی هنوز نشان‌دهنده به‌کارگیری این رویکرد نیستند. همچنین، مشارکت ذی‌نفعان مختلف، تعامل بین سیاست‌گذاری، طراحی شهری و جامعه شهری و چگونگی انطباق این اصول با شرایط بومی و اقلیمی ایران به‌طور نظام‌مند بررسی نشده است و یا صرفاً به ارائه معیارهایی اکتفا کرده‌اند. بنابراین، تاکنون هیچ مدل ساختاری و تفسیری جامع برای کاربست شهرسازی بایوفیلیک در ایران ارائه نشده است و پژوهش حاضر با هدف پر کردن این خلأ، اقدام به تبیین چنین مدلی می‌کند.

روش پژوهش

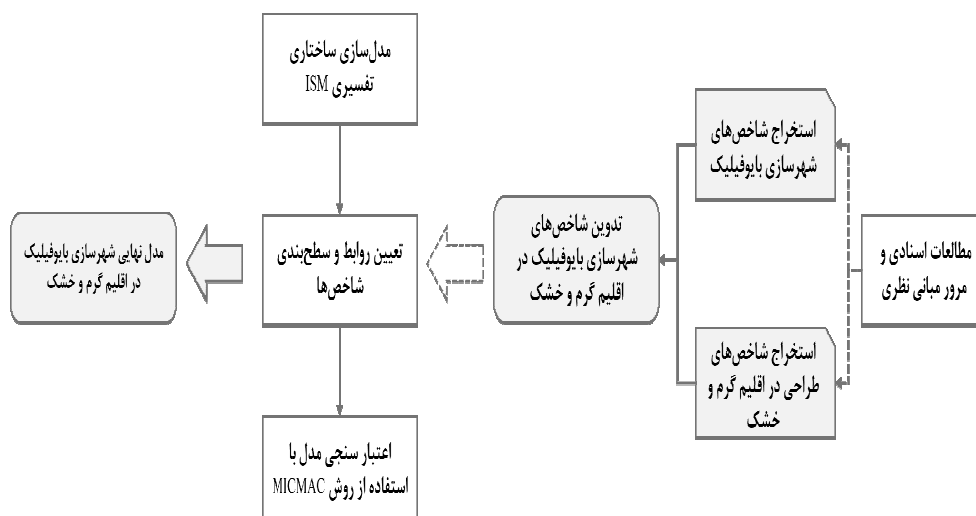
مدل‌سازی ساختاری تفسیری تکنیکی مناسب برای تحلیل تأثیر یک عنصر بر دیگر عناصر است. این متدولوژی ترتیب و جهت روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم را بررسی می‌کند؛ به بیان دیگر، ابزاری است که به‌وسیله آن، گروه می‌تواند بر پیچیدگی بین عناصر غلبه کنند. سیج مدل‌سازی ساختاری تفسیری را در سال ۱۹۷۷ ارائه کرد (آذر و بیات، ۱۳۸۷). یکی از اصلی‌ترین منطق‌های این روش آن است که همواره عناصری که در یک سیستم اثرگذاری بیشتری بر سایر عناصر دارند، از اهمیت بالاتری برخوردارند. مدلی که با استفاده از این متدولوژی به دست می‌آید، ساختاری از یک مسئله یا موضوع پیچیده، یک سیستم یا حوزه مطالعاتی را نشان می‌دهد که الگویی به‌دقت طراحی شده است؛ در نتیجه

می‌توان اذعان داشت که مدل‌سازی ساختاری تفسیری نه‌تنها بینشی را در خصوص روابط میان عناصر مختلف یک سیستم فراهم می‌نماید؛ بلکه ساختاری را مبتنی بر اهمیت و یا تأثیرگذاری عناصر برهم بسته به نوع رابطه محتوایی تعریف‌شده فراهم می‌نماید و نمایشی تصویری به نمایش می‌گذارد. این روش تفسیری است؛ چراکه قضاوت گروهی از افراد تعیین می‌نماید که آیا روابطی میان این عناصر وجود دارد یا خیر؛ و این روش از آن نظر ساختاری است که اساس روابط یک ساختار سراسری است و از مجموعه پیچیده‌ای از متغیرها استخراج‌شده است (فیروزجائیان و همکاران، ۱۳۹۲). روش مورد‌استفاده در این پژوهش مدل‌سازی ساختاری تفسیری است؛ زیرا این روش ابزاری کارآمد برای شناسایی و تحلیل روابط میان ابعاد و شاخص‌ها به شمار می‌آید و امکان تعیین شاخص‌هایی را که بیشترین تأثیرگذاری و تأثیرپذیری را در اقلیم گرم و خشک شهر یزد دارند، فراهم می‌کند. هدف از به‌کارگیری این روش، دستیابی به الگویی ساختاری از شاخص‌های مؤثر در شکل‌گیری شهر بایوفیلیک در بستر اقلیمی و کالبدی یزد است.

در این پژوهش، داده‌های لازم برای تحلیل روابط میان شاخص‌های مؤثر بر شهر بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک از طریق نظرسنجی از خبرگان گردآوری شده است. برای تدوین ماتریس روابط میان شاخص‌ها در چارچوب روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری، از نظرات ۱۵ نفر از متخصصان بهره گرفته شد. انتخاب این خبرگان به‌صورت هدفمند و بر اساس سه معیار اصلی انجام گرفت: دارا بودن تخصص دانشگاهی در رشته‌های شهرسازی، معماری، مرمت و محیط‌زیست؛ برخورداری از سابقه فعالیت حرفه‌ای یا پژوهشی در زمینه طراحی شهری، برنامه‌ریزی شهری یا مباحث مرتبط با توسعه پایدار و آشنایی نظری و تجربی با مفاهیم پایداری و بایوفیلیک در شهرهای ایران به‌ویژه شهر یزد به‌عنوان شهر شاخص اقلیم گرم و خشک. ترکیب گروه خبرگان شامل اساتید، دانشجویان، پژوهشگران و حرفه‌مندان وابسته به دانشگاه‌های تربیت مدرس، تهران، علم و صنعت و یزد بود که در سطوح تحصیلات کارشناسی ارشد و دکتری در حوزه‌های معماری، برنامه‌ریزی شهری، منطقه‌ای و شهرسازی فعالیت داشتند.

قابل ذکر است که سه گام اساسی روش ISM به شرح زیر است:

- گام اول: شناسایی ابعاد و شاخص‌های شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک؛
 - گام دوم: تعیین رابطه مفهومی بین ابعاد و شاخص‌ها با استفاده از ISM؛
 - گام سوم: ترسیم شبکه تعاملات ابعاد شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک.
- آنچه در نمودار پیشرو نشان داده شده است، یک تصویری از فرایند روش پژوهش است. این فرایند با شروع از مطالعات اسنادی و مرور مبانی نظری مربوط به رویکرد بایوفیلیک شروع شده و در نهایت به مدل نهایی شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک می‌پردازد.



شکل ۱- فرایند روش پژوهش

مبانی نظری

بایوفیلیا، اصطلاحی است که توسط اریک فروم در دهه ۱۹۶۰ ابداع شد، او معتقد بود انسان به طور ذاتی به طبیعت و موجودات زنده جذب می‌شود (Cabanek & Newman, ۲۰۰۸).

(2016). ویلسون نیز در دهه ۱۹۸۰، بایوفیلیا را رابطه عاطفی فطری انسان با سایر اشکال زندگی تعریف کرد (Lee & Kim, 2021; Cabanek et al., 2020). انسان به طور غریزی به طبیعت وابسته است، اما شهرنشینی این ارتباط را کاهش داده است (Kellert, 2016). طراحی بایوفیلیک با هدف تقویت این پیوند، سلامت، رفاه و کیفیت زندگی را ارتقا می دهد (Dobson et al., 2021). و مزایای روانی و فیزیولوژیکی متعددی به همراه دارد. (Tekin & Aktog, 2025; Meenar et al., 2025) این رویکرد علاوه بر آثار زیست محیطی، نگرش های آگاهانه و حس اجتماع را تقویت می کند (O'Sullivan et al., 2023) و در فضاهای شهری ارزش های تاریخی و فرهنگی را بازتاب می دهد (هنرور و همکاران، ۱۴۰۳). همچنین می تواند ارزش اقتصادی زمین و ملک را افزایش دهد. طراحی بایوفیلیک بر دو بعد ارگانیک و مبتنی بر مکان استوار است (Kellert & Calabrese, 2015) که در عناصر مختلفی چون ویژگی های محیطی، فرم های طبیعی، نور و فضا و روابط انسان و طبیعت نمود می یابد (Gillis & Gatersleben, 2015).

درک و احساس انسان نسبت به مکان ساخته شده، وابسته به ویژگی های محیطی، کارکرد عناصر و توانایی آن در ایجاد ارتباط اجتماعی و حافظه جمعی است که به ویژه در محلات اهمیت بیشتری می یابد (هدفی و صرافانی نیک، ۱۴۰۳). تجربه طبیعت در محیط شهری باید به صورت مستمر و پایدار تکرار شود تا سلامت و رفاه افراد ارتقا یابد (Kellert, 2016). با وجود نو بودن مفهوم طراحی بایوفیلیک، دامنه نظری آن همچنان در حال تکامل و چارچوب های اجرایی آن در حال توسعه است.

در رویکردهای نوین طراحی شهری و معماری، توجه به اصل بایوفیلیک به عنوان راهی برای تقویت پیوند ذاتی میان انسان و طبیعت اهمیت ویژه ای دارد. این رویکرد مطرح می کند که تجربه و ادراک افراد از محیط شهری تا حد زیادی به توانایی فضاها در ایجاد ارتباط با عناصر طبیعی وابسته است. چنین ارتباطی می تواند به صورت مستقیم، از طریق حضور فضاهای سبز، گیاهان زینتی، پارک ها و باغ های عمودی و معلق، یا به شکل غیرمستقیم، از طریق استفاده از مصالح طبیعی، الگوهای الهام گرفته از طبیعت و ادغام

فرآیندهای طبیعی در فرم و عملکرد محیط‌های ساخته‌شده، تحقق یابد (Kellert & Wilson, 1993; Newman, 2014). بر این اساس، تعریف اولیه از شهر بایوفیل شهری است که طبیعت را در طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت خود در اولویت قرار می‌دهد و نیاز انسان به تماس روزانه با طبیعت و همچنین ارزش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی آن را تأمین می‌کند (Haas & Olsson, 2016).

شهرسازی بایوفیلیک در سال‌های اخیر توجه بیشتری را به خود جلب کرده و مطالعات نشان داده‌اند که رابطه انسان با محیط‌های ساخته‌شده و طبیعی و ابزارهای تحقق این رویکرد اهمیت بالایی دارد (Lee & Kim, 2021). این نوع شهرسازی علاوه بر ارتقای سلامت و رفاه انسان، می‌تواند به کاهش تدریجی مشکلات ناشی از شهرنشینی سریع مانند وابستگی به سوخت‌های فسیلی، افزایش مصرف انرژی و تغییر اقلیم کمک کند (Stephenson et al., 2010; Li & Lin, 2015). همچنین، تراکم و گسترش شهری موجب کاهش زیست‌پذیری و بروز بحران‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شود که شهرسازی بایوفیلیک با تقویت تعاملات انسان و طبیعت به مقابله با آن‌ها می‌پردازد (Lefosse et al., 2025). استراتژی‌های این رویکرد می‌توانند شامل ترکیب مفهوم «کار-زندگی-بازی» در کاربری مختلط زمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌های سخت مانند حمل‌ونقل، آب و ساختمان‌ها باشند (Xue et al., 2019) در نهایت، شهرسازی بایوفیلیک با اهداف توسعه پایدار همسو بوده و موجب کارآمدی و انعطاف‌پذیری بیشتر بخش ساخت‌وساز می‌شود.

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، بایوفیلیک فراتر از سبزی‌نگی بوده و مفاهیم و ابعاد مختلفی از شهر را با خود همراه می‌سازد و در شهرهای با اقلیم‌های مختلف قابلیت به‌کارگیری دارد. بر همین اساس و برای تأکید بر این موضوع، انواع عناصر بایوفیلیک در نظام شهر و شهرسازی با توجه به مطالعات نظری، در جدول ۱ دسته‌بندی شده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی عناصر بایوفیلیک در نظام شهر و شهرسازی

دسته	نویسنده	طبقه‌بندی	عناصر بایوفیلیک	دامنه
مقیاس فضایی	Beatley and Newman (2013)	ساختمان	- پشت‌بام‌های سبز، دهلیزهای سبز آسمان و باغ‌ها، دیوار سبز و غیره.	از ساختمان تا منطقه
		بلوک	- خانه‌های خوشه‌ای در اطراف مناطق سبز، حیاط‌های سبز و غیره.	
		خیابان	- خیابان سبز، درختان شهری، توسعه کم تأثیر و غیره	
		واحد همسایگی	- جریان روزانه، جریان بازسازی، جنگل شهری، و غیره	
		اجتماع	- نهرهای شهری و مناطق ساحلی، مدارس سبز و غیره	
		منطقه	- سیستم‌های فضای سبز منطقه‌ای، سیستم‌های رودخانه / دشت‌های سیلابی و غیره	
	et al. Reeve (2013)	ساختمان	- گیاهان داخلی، بام سبز، دیوارهای سبز.	از ساختمان تا شهر
		واحد همسایگی	- حاشیه‌های سبز، جزایر سبز.	
		شهر	- راهروهای سبز، کشاورزی شهری، راه‌های آبی و ویژگی‌های طراحی شهری حساس به آب.	
		ویژگی‌های زیست‌محیطی	- رنگ، آب، هوا، حیوان، نما و چشم‌انداز، سبز شدن نما و غیره.	
		فرم و اشکال طبیعی	- نقوش گیاه‌شناسی، قوس، طاق، گنبد، بیو مورفی و غیره.	
دیدگاهی بر طراحی بایوفیلیک و شهرسازی	Keller (2008); Browning et al. (2014)	الگوها و فرایندهای طبیعی	- تنوع حسی، فضاهای انتقالی، نقطه کانونی مرکزی و غیره	محیط انسان‌ساخت
		نور و فضا	- نور طبیعی، نور منعکس‌شده، فضا به‌عنوان شکل و فرم و غیره.	
		روابط مبتنی بر مکان	ارتباط جغرافیایی با مکان، مواد بومی، اکولوژی منظر و غیره.	
		روابط تکامل‌یافته انسان و طبیعت	- چشم‌انداز و پناهگاه، نظم و پیچیدگی، ترس و هیبت و غیره	

دسته	نویسنده	طبقه‌بندی	عناصر بایوفیلیک	دامنه
	Cook (2016)	اکوسیستم‌های حفظ‌شده	- قرار گرفتن در شرایط طبیعی یا نزدیک به طبیعی	اکوسیستم‌های شهری
		اکوسیستم‌های بازسازی‌شده	- برقراری دوباره مشابه با سیستم اصلی	
		اکوسیستم‌های ترکیبی	- بازیابی برخی از عملکردهای اولیه اکولوژیکی	
		اکوسیستم‌های مصنوعی؛	- ایجاد عملکردهای حیاتی اکوسیستم از طریق طراحی اکولوژیکی	
		اکوسیستم‌های بازسازی‌شده	- اجازه بازسازی طبیعت به‌طور طبیعی یک اکوسیستم	
		زیرساخت بایوفیلیک (طراحی)	- فضای سبز، پیکربندی سایبان گیاهان برای سایه و سرپناه، سطوح نفوذپذیر، طراحی نور روز و سایه و غیره.	
		طراحی حسی (طراحی)	- گیاهان گل‌دان داخلی، دیوارهای سبز داخلی، طراحی صدای طبیعی، کشاورزی شهری، پنجره بازشو برای تهویه طبیعی و غیره.	
	Xue et al. (2019)	تنظیم و عملکرد بیوفیزیک (طراحی)	- فرم و نمای ساختمان بیومورفیک، طراحی زیورآلات بیومورفیک، انتخاب مواد طبیعی و غیره.	طراحی بیوفیزیک و شهرسازی
		اتصال حمل‌ونقل (شهرسازی)	- تسهیلات حمل‌ونقل عمومی، تسهیلات سیستم دوچرخه‌سواری، سیستم نایبری و مسیرپایی (یعنی نقطه عطفی در عمومی، فضای باز برای جذب و تجمع) و غیره.	
		ترویج ادغام کار - زندگی - بازی (شهرسازی)	- اشتراک فضا و امکانات (یعنی فضاهای سبز عمومی، میدان باز و فضاهای اجتماعی)، مدیریت و نگهداری.	
		مکان سازی فضای سبز (شهرسازی)	- صندلی‌های سایه‌دار در فضای باز برای کافه فراهم کنید و رستوران‌ها، داوطلبانه برای کشاورزی شهری، ارائه بازار تعطیلات و غیره.	

دسته	نویسنده	طبقه‌بندی	عناصر بایوفیلیک	دامنه
شهر بایوفیلیک	R C Amat et al., (2020)	زیرساخت‌های شهر بایوفیلیک	- دسترسی نزدیک محلات به فضاهای سبز و پارک‌های شهری - زمین‌های شهری پوشیده شده از درختان و فضای سبز - استفاده از المان‌های سبز شهری (دیوارهای سبز، بام سبز و غیره)	
		رفتارها و سبک زندگی بایوفیلیک	- تمایل استفاده مردم از فضاهای سبز و باز فراغتی - تمایل مردم به پیاده‌روی و استفاده از حمل‌ونقل سبز (پایدار) - همکاری و مشارکت مردم در سازمان‌ها و ارگان‌های دوستدار طبیعت - آگاهی و توجه مردم از اهمیت حفظ منابع طبیعی	
		حکمرمایی بایوفیلیک	- اولویت با حفظ طبیعت توسط دولت محلی - وجود مقررات طراحی و برنامه‌ریزی که شرایط بیوفیزیک را ترویج کند (تدوین ضوابط بایوفیلیکی) - تدوین برنامه‌های آموزشی در مدارس محلی باهدف آموزش در مورد طبیعت - حمایت از گروه‌های اجتماعی دوستدار طبیعت	

شهرسازی در اقلیم گرم و خشک ایران در چارچوب بایوفیلیک

در سال‌های اخیر، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که طراحی بایوفیلیک در اقلیم‌های گرم و خشک می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کاهش دمای محیط و بهبود آسایش حرارتی داشته باشد. استفاده از حیاط‌ها و فضاهای نیمه‌باز یکی از مهم‌ترین رویکردهایی است که موجب تعدیل میکرو اقلیم و کاهش تنش حرارتی می‌شود (Uçer et al., 2024). به کارگیری الگوهای بیومیمتیک، زیست تقلیدی، در سازمان‌دهی بافت‌های مسکونی نیز نشان داده است که برخی الگوهای حجمی می‌توانند شاخص آسایش حرارتی را تا چند درجه کاهش دهند و مصرف انرژی را بهبود بخشند (Waheeb et al., 2024) در حوزه عناصر

سبز، تحقیقات جدید ثابت کرده‌اند که نماهای سبز و پوشش گیاهی عمودی در اقلیم‌های بسیار گرم می‌توانند بار حرارتی ساختمان را کاهش داده و به گذار کم‌کربن شهری کمک کنند (Chojnacka et al., 2024). از سوی دیگر، نحوه جهت‌گیری و چیدمان خوشه‌های ساختمانی تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد حرارتی فضاها و بیرونی داشته و می‌تواند دمای محسوس را تعدیل کند (Nagy et al., 2024). همچنین استقرار پوشش گیاهی در عرصه‌های باز و محوطه‌های دانشگاهی سبب بهبود چشمگیر آسایش حرارتی و عملکرد انرژی ساختمان‌ها در شرایط گرم و خشک شده است (Gomaa et al., 2024).

عوامل اقلیمی نظیر تابش، دما و بارندگی، مشخصه اصلی اقلیم گرم و خشک هستند و بر شهرسازی و معماری آن تأثیر بسزایی دارند. در شهرهای مدرن نیز این عوامل مؤثرند و الگوهای جدیدی را شکل می‌دهند. آب‌وهوا همواره چالش‌های جدی برای ساکنان این مناطق بوده و طی سال‌ها، آن‌ها را به یافتن راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی و بهره‌مندی از مزایای آن سوق داده است (توسلی، ۱۳۶۰). شرایط سخت آب‌وهوایی در این اقلیم، طراحی معماری را دشوار می‌کند و نیازمند مطالعات گسترده است. ساکنان با مشکلاتی نظیر تابش شدید، گرما، خشکی هوا، کمبود آب، طوفان‌های گردوغبار و اختلاف دمای شب و روز مواجه‌اند (مرادی، ۱۳۹۸).

علاوه بر این، مقابله با گرما و تابش شدید خورشید، خصوصاً ایجاد سایه، نقش مهمی در ساختار متراکم شهرها و روستاهای این اقلیم داشته است. شهرها و روستاها به‌صورت توده‌های متراکم با کمترین سطح رو به آفتاب، روزنه‌های کوچک و بافت فشرده ساخته می‌شوند تا از نفوذ گرمای تابشی جلوگیری شود. دیوارهای کوتاه لبه بام‌ها، علاوه بر ایجاد حریم خصوصی و مقابله با باد، سایه ایجاد می‌کنند و تماس با گرمای خارجی را کاهش می‌دهند (توسلی، ۱۳۶۰). در نهایت، رنگ روشن کاه‌گل گرمای تابشی را منعکس می‌کند. شکل گنبدی بام‌ها، علاوه بر منطق ساختاری، پوششی مقرون‌به‌صرفه است که به راحتی ساخته می‌شود و به مقابله با گرمای تابشی و پس دادن گرمای شبانه کمک می‌کند. دیوارهای ضخیم نیز از نفوذ گرما جلوگیری می‌کنند. مجاورت خانه‌ها، حالت حفاظتی در توده ایجاد می‌کند (همان).

با در نظر گرفتن هدف پژوهش که تلفیق مفاهیم شهرسازی با یوفیلیک و اصول شهرسازی در اقلیم گرم و خشک است به بررسی و ارائه شاخص‌های شهرسازی در اقلیم گرم و خشک می‌پردازد. مرور بر اصول معماری و شهرسازی همساز با اقلیم سبب رسیدن به پنج اصل مهم در شهرسازی اقلیم گرم و خشک شده که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است (الهام لشکری، مهرشاد خلج، ۱۳۹۰ و توسلی، ۱۳۶۰ و کلانتری، ۱۴۰۰ و ebrahimpour, 2020).

بافت شهری: این ناحیه بر پایه شرایط اقلیمی و به‌ویژه تابش خورشید و مسیر وزش باد شکل گرفته است؛ به همین دلیل ساختمان‌ها غالباً رو به جنوب تا جنوب غربی قرار دارند تا بیشترین بهره‌گیری از انرژی خورشیدی ممکن شود. ساختار کلی شهر فشرده و متراکم است و این تراکم پاسخی به شرایط سخت اقلیمی محسوب می‌شود. از ویژگی‌های شاخص این بافت، استفاده از سیستم قنات برای بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی است.

معايير: معابر نیز با توجه به اقلیم طراحی شده‌اند؛ نسبت ارتفاع جداره‌ها به عرض خیابان‌ها در محورهای شمالی-جنوبی به گونه‌ای است که تابش مستقیم آفتاب کنترل و جریان هوا بهبود یابد. جهت‌گیری کوچه‌ها و خیابان‌ها در امتداد بادهای مطلوب، تهویه طبیعی را تقویت می‌کند و وجود ساباط‌ها یا کوچه‌های سرپوشیده با ایجاد سایه و کاهش دما، نقش مهمی در تأمین آسایش حرارتی ایفا می‌نماید.

فضاهای باز: فضاهای باز این ناحیه با بهره‌گیری از پوشش‌های گیاهی سازگار با اقلیم گرم و خشک، مانند درختان و گیاهان کم‌آب‌خواه نظیر کاج، طراحی شده‌اند. ایجاد پارک‌های کوچک محله‌ای با پراکندگی مناسب در مقیاس‌های مختلف شهری به تهویه بهتر و کاهش گرمای محیط کمک می‌کند. در این طراحی، نقش پوشش گیاهی در تأمین رطوبت، کاهش شدت گرما و کنترل بادهای نامطلوب مورد توجه قرار گرفته و حوض‌های کوچک آب نیز برای تعدیل دما و افزایش رطوبت نسبی به کار رفته‌اند. در مجموع، استفاده از گیاهان مناسب نه تنها شرایط اقلیمی و کیفیت هوا را بهبود می‌بخشد، بلکه آرامش و ارتقای کیفیت ادراکی محیط شهری را نیز تقویت می‌کند.

پلان و معماری ساختمان‌ها: در این ناحیه، پلان‌ها عمدتاً متراکم و فشرده طراحی شده‌اند تا سطح خارجی ساختمان نسبت به حجم آن کاهش یابد و تبادل حرارت از طریق جداره‌ها در تابستان و زمستان به حداقل برسد. برای جلوگیری از ورود هوای نامطلوب و ایجاد کوران، تدابیر خاصی در نظر گرفته شده و بادگیرها به‌طور مؤثر برای خنک‌سازی طبیعی فضاهای داخلی به‌کاررفته‌اند. حیاط‌های داخلی با حضور درختان، حوض‌ها و سطوح گیاه کاری شده نقش مهمی در ایجاد رطوبت و تعادل حرارتی دارند. همچنین جان‌پناه‌های بلند بام‌ها تابش مستقیم آفتاب تابستانی را کاهش داده و گود بودن حیاط‌ها همراه با دیوارهای بلند، دمای محیط را تعدیل کرده و از فضای داخلی در برابر بادهای گرم محافظت می‌کند. تعداد و مساحت پنجره‌ها نیز به حداقل رسیده و در بخش‌های فوقانی دیوارها قرار گرفته‌اند تا از نفوذ پرتوهای منعکس شده از سطح زمین جلوگیری شود. در نهایت، بام‌های گنبدی به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی، نقش اساسی در تأمین آسایش حرارتی ایفا می‌کنند.

مصالح بدنه و نما: در این ناحیه، بناها عمدتاً با مصالحی چون خشت و گل ساخته شده‌اند که به دلیل ظرفیت حرارتی بالا، توانایی ذخیره و تعدیل دما را دارند و از نفوذ گرما در تابستان و اتلاف آن در زمستان جلوگیری می‌کنند. سطوح خارجی با رنگ‌های روشن پوشانده شده‌اند تا جذب تابش خورشید کاهش یابد و فضای داخلی کمتر تحت تأثیر حرارت محیط بیرونی قرار گیرد. علاوه بر این، بدنه‌های غیر صیقلی با کاهش انعکاس مستقیم نور و جذب کمتر حرارت، شرایط تعادل حرارتی مطلوب‌تری ایجاد می‌کنند. بر اساس مطالعات نظری و اجماع دیدگاه‌ها، شاخص‌های طراحی متناسب با اقلیم گرم و خشک در جدول ۲ مشخص شده است.

جدول ۲- شاخص‌های طراحی در اقلیم گرم و خشک

شاخص‌ها	توضیحات
بافت شهری	متراکم، کوچه‌های باریک، حیاط‌های گود، بام‌های بلند خانه‌ها و محصوریت بافت
درون‌گرایی و حیاط مرکزی	حیاط مرکزی جهت تأمین هوای خنک و مطبوع، جلوگیری از نفوذ باد ناموافق و ایجاد سایه
فضاهای باز	کاشتن درخت در حیاط و فضاهای عمومی شهر جهت افزایش رطوبت، کاهش درجه حرارت و کاستن انعکاس گرما
گذرها و معابر	ارگانیك، کوچه و خیابان در جهت باد مطلوب، جلوگیری از نفوذ باد گرم و طوفانی، ایجاد دیوارهایی از درخت کاج یا گز
فضاهای باز	طراحی فضاهای متنوع برای زمان‌های مختلف متناسب با اقلیم منطقه
مصالح ساختمانی بومی	استفاده از مصالح بومی در ساختمان که در ساختن خانه‌ها به کار می‌رود باید کم و هماهنگ باشد.
استفاده از عناصر طبیعی (آب و گیاه)	استفاده از این ویژگی در فضاهای عمومی شهر و نیز فضاهای داخلی باعث تعدیل شرایط محیطی و صرفه‌جویی در مصرف منابع انرژی

در این بخش با استفاده از مفاهیم بررسی شده در زمینه شهرسازی بایوفیلیک و شاخص‌های شناسایی شده مرتبط با آن و همچنین مرور و بازخوانی ویژگی‌های طراحی و شهرسازی در اقلیم گرم و خشک به ترکیب شاخص‌های شهرسازی بایوفیلیک و متناظر سازی آن‌ها با شاخص‌های شهرسازی در اقلیم گرم و خشک منجر به تدوین جدول ۳ شده است که این دو نوع شاخص را در کنار یکدیگر ارائه نموده است.

جدول ۳- شاخص‌های شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک بر اساس مبانی نظری

عناصر بایوفیلیک	ویژگی‌های به‌کاررفته در اقلیم گرم و خشک
عناصر طبیعی	استفاده از ویژگی‌های طبیعی (آب و گیاه) در فضاهای عمومی شهر و نیز فضاهای داخلی باعث تعدیل شرایط محیطی و صرفه‌جویی در مصرف منابع انرژی
الگوها و فرایندهای طبیعی	درون‌گرایی و حیاط مرکزی جهت تأمین هوای خنک و مطبوع، جلوگیری از نفوذ باد ناموافق و ایجاد سایه
روابط مبتنی بر مکان	استفاده از مصالح بومی و هم‌خوان با اقلیم
فضاهای سبز و باز	کاشتن درخت در حیاط و فضاهای عمومی شهر جهت افزایش رطوبت، کاهش درجه حرارت و کاستن انعکاس گرما
زیرساخت فشرده شهر بایوفیلیک	بافت فشرده و متراکم
گذرها و معابر ارگانیک	کوچه و خیابان در جهت باد مطلوب، جلوگیری از نفوذ باد گرم و طوفانی، ایجاد دیوارهایی از درخت کاج یا گز
روابط تکامل‌یافته انسان و طبیعت	نظیر آسایش اقلیمی
رفتار و سبک زندگی بایوفیلیکی	آگاهی و مشارکت در حفظ منابع طبیعی توسط مردم
حکمرمایی بایوفیلیکی	تدوین اصول و چارچوب شهرسازی بایوفیلیکی در اقلیم گرم و خشک و حفظ منابع طبیعی توسط نهادهای مدیریت شهری

از برآیند مباحث مطرح‌شده در حوزه شهرسازی بایوفیلیک و همچنین بازخوانی اصول طراحی اقلیمی در شهرهای گرم و خشک، می‌توان خروجی مبانی نظری این پژوهش را در قالب چارچوبی ترکیبی از مؤلفه‌های متناظر شده صورت‌بندی کرد. در این چارچوب، جدول ۳ به‌عنوان جمع‌بندی نهایی مبانی نظری، نشان می‌دهد که شاخص‌های بایوفیلیک چگونه با ویژگی‌های طراحی در اقلیم گرم و خشک متناظر شده و بر این اساس، زمینه تبدیل مفاهیم نظری به شاخص‌های قابل‌بررسی در مراحل بعدی پژوهش فراهم‌شده است. در نهایت نیز یافته‌های مبانی نظری نشان می‌دهد که از منظر مقیاس،

رویکرد بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک باید در سه سطح ساختمان، محله و بافت شهری مورد توجه قرار گیرد. همچنین با توجه به مضمون هر یک از مؤلفه‌ها و مقیاس پیاده‌سازی، این مؤلفه‌ها قابلیت به کارگیری در اسناد فرادست شهر، طرح‌های جامع و تفصیلی، ضوابط و دستورالعمل‌های معماری و شهرسازی مرتبط با بافت شهری و اسناد توسعه پایدار را دارا هستند.

مورد پژوهی

به صورت کلی در مناطق گرم و خشک به وضوح گستردگی نفوذ اقلیم در شکل‌دهی به بافت شهری زیستگاه‌ها مشهود است؛ به بیان دیگر، اقلیم نقش گسترده‌ای در تعیین شاکله معماری و شهرسازی، بافت آینده شهری پایدار و شیوه زندگی انسان داشته و خواهد داشت (منتظری و همکاران، ۱۹۶). در شهر یزد به عنوان یک شهر واقع در اقلیم گرم و خشک، نشانه‌های قابل مشاهده‌ای از تلاش برای ساختاردهی شهر بر اساس شرایط محیطی و اقلیمی مشهود است. از دیرباز ساکنین مناطق مختلف اقلیم گرم و خشک همواره به دنبال راه‌هایی برای سازگاری با شرایط اقلیمی سخت این ناحیه بوده‌اند و همواره تلاش کرده‌اند تا با شرایط دشوار اقلیمی این نواحی سازگار شوند. شهر یزد و مردم آن نیز از این موضوع مستثنی نبوده‌اند؛ شهر یزد با بافت تاریخی خود نمونه‌ای گویا از سازگاری و انطباق با شرایط خاص اقلیم گرم و خشک است که همواره الگوی مورد بررسی و ارزیابی در تحقیقات مختلف بوده است و همواره در پژوهش‌های مختلف به عنوان الگویی قابل اتکا مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. امروزه موضوع انطباق با شرایط محیطی و اقلیمی همانند گذشته در شهرسازی و معماری مورد توجه قرار نمی‌گیرد؛ به نحوی که پیامدهای این بی‌توجهی در زندگی ساکنان نواحی مختلف اقلیمی مشهود است. در بافت جدید شهر یزد نیز برخلاف بافت تاریخی آن، رعایت اصول مرتبط با سازگاری اقلیمی و انطباق با محیط کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد و راهکار یا مدلی مشخص برای اصلاح این شرایط تدوین نشده است. از همین رو در این پژوهش، شهر یزد به عنوان یکی از شهرهای شاخص اقلیم

گرم و خشک ایران و با توجه به برخورداری آن از پیشینه ارزشمند در حوزه آسایش اقلیمی و انطباق محیطی به‌عنوان نمونه مطالعاتی پژوهش انتخاب شده است.

یافته‌ها

گام اول: شناسایی شاخص‌های پژوهش

در این پژوهش، پس از مطالعات اسنادی، عناصر بایوفیلیک و شاخص‌های اصلی شهرسازی در اقلیم گرم و خشک متناظر سازی شد که نتایج آن در جدول ۳ آمده است و زمینه شکل‌گیری شاخص‌های نهایی را فراهم آورده است. در ادامه، شاخص‌های نهایی که حاصل تلفیق عناصر بایوفیلیک و ویژگی‌های به‌کاررفته در اقلیم گرم و خشک احصاء شده از مبانی نظری و دسته‌بندی آن‌ها است، در جدول ۴ ارائه شده است. درواقع، یکی از اهداف اصلی پژوهش که دستیابی به شاخص‌های شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک بوده، در این بخش محقق شده است. این شاخص‌ها مبنای طراحی سؤالات ماتریس قرار گرفتند و در مراحل تحلیل روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) قرار گیرند. در گام‌های بعدی، با سطح‌بندی شاخص‌های ایجادشده، زمینه کاربست آن‌ها در شهرسازی اقلیم گرم و خشک یزد فراهم می‌شود.

جدول ۴- شاخص‌های نهایی شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک

ابعاد	کدهای استخراج شده (شاخص‌های نهایی پژوهش)
بافت شهری	بافت فشرده و متراکم
	جهت‌گیری قطعات به سمت جنوب شرق
	الگوی ساخت مربعی و تکرارشونده
	طراحی بلوک با هسته مرکزی
	نسبت طول به عرض ۱ به ۲,۵ قطعات
	تراکم ساختمانی بالا در لبه‌ها
طراحی ساختمان‌ها	درون‌گرایی و حیاط مرکزی
	استفاده از مصالح بومی (مصالح با رنگ روشن و ظرفیت گرمایی بالا)
	فرم و نمای ساختمان

طراحی بنا در راستای استفاده از باد مطلوب	طراحی معابر
استفاده از پوشش گیاهی و آب در حیات ساختمان	
جهت‌گیری جنوب غربی به شمال شرقی معابر	
عرض معابر حداقل استاندارد	
معابر دارای قوس استاندارد	
نسبت مناسب ارتفاع جداره به عرض معبر (محصوریت)	
طراحی کمربند سبز	فضاهای سبز و باز
طراحی فضاهای سبز و باز در مقیاس‌های مختلف	
طراحی مرکز محله سبز	
استفاده از مبلمان و صندلی‌های سایه‌دار در فضاهای شهری	فضاسازی محیط
استفاده از کف‌پوش و جداره با رنگ روشن و ظرفیت گرمایی بالا و بازتاب حداقلی نور در فضاهای شهری	
پوشش گیاهی مناسب و سایه‌انداز در لبه معابر	
توجه به سازگاری کاربری‌ها	نظام کاربری و خدمات
دسترسی پیاده و آسان به کاربری‌های خدماتی	
تمایل استفاده مردم از فضاهای سبز و باز فراغتی	رفتار و سبک زندگی بایوفیلیک
همکاری و مشارکت مردم در سازمان‌ها و ارگان‌های دوستدار طبیعت	
تمایل مردم به پیاده‌روی به‌جای حمل‌ونقل موتوری	
آگاهی و توجه مردم به حفظ منابع طبیعی	
اولویت با حفظ منابع طبیعی توسط نهادهای مدیریت شهری	حکمرانی بایوفیلیک
تدوین ضوابط و مقررات بایوفیلیکی در اقلیم گرم و خشک توسط نهادهای مدیریت شهری	
حمایت از گروه‌های دوستدار طبیعت و اقلیم بومی	

گام دوم: تعیین روابط بین ابعاد و شاخص‌ها

در این پژوهش، داده‌های لازم برای تحلیل روابط میان شاخص‌های مؤثر بر شهر بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک از طریق نظرسنجی از خبرگان گردآوری شده است. برای تکمیل ماتریس روابط میان شاخص‌ها در چارچوب روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری، از نظرات ۱۵ نفر از متخصصان و خبرگان بهره گرفته شد. در ادامه، مراحل بعدی روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری بر اساس ماتریس‌های تکمیل‌شده توسط خبرگان آورده شده است.

الف) ماتریس خود تعاملی ساختاری: در گام نخست، ماتریس خود تعاملی ساختاری برای بررسی روابط میان ابعاد و شاخص‌ها در چارچوب مدل‌سازی ساختاری-تفسیری تدوین گردید. این ماتریس از طریق مقایسه زوجی شاخص‌های فرایند محور و تعیین نوع رابطه میان آن‌ها با استفاده از چهار حالت اصلی شامل: عدد ۲ برای «ارتباط دوسویه»، عدد ۱ برای «تأثیر شاخص i بر j»، عدد ۱- برای «تأثیر شاخص j بر i»، و عدد ۰ برای «عدم وجود ارتباط» تشکیل شده است. پرسشنامه مربوط به این مرحله در قالب مقایسه‌های زوجی و بر اساس میزان اثرگذاری و اثرپذیری متقابل شاخص‌ها میان گروه ۱۵ نفره از خبرگان و متخصصان توزیع و تکمیل گردید. پاسخ‌دهندگان بر اساس دانش تخصصی و تجربه حرفه‌ای خود، نوع و جهت روابط بین شاخص‌ها را تعیین کردند. منطق مدل ISM مبتنی بر روش‌های ناپارامتریک است و تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس مد فراوانی پاسخ‌ها انجام می‌گیرد. بدین ترتیب، روابط نهایی میان شاخص‌ها با توجه به بیشترین فراوانی پاسخ‌های مشابه در میان خبرگان استخراج و در قالب ماتریس خود تعاملی ساختاری وارد فرآیند مدل‌سازی گردید تا ساختار سلسله‌مراتبی و الگوی تأثیرگذاری میان شاخص‌های مؤثر بر شهر بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک تبیین شود. جدول ۵ نتایج حاصل از مدگیری پرسشنامه‌های تکمیل شده را نشان می‌دهد.

به منظور سهولت در تحلیل روابط میان مؤلفه‌ها در فرایند مدل‌سازی ساختاری تفسیری، شاخص‌های اصلی پژوهش با حروف لاتین از A تا H نام‌گذاری شده‌اند. بر این اساس، شاخص A بیانگر بافت شهری، شاخص B مربوط به طراحی ساختمان‌ها، شاخص C معطوف به طراحی معابر، شاخص D ناظر بر فضاهای سبز و باز، شاخص E مرتبط با فضاسازی محیط، شاخص F اشاره به نظام کاربری و خدمات دارد، شاخص G بیانگر رفتار و سبک زندگی بایوفیلیک و در نهایت شاخص H نمایانگر حکمروایی بایوفیلیک است. این کدگذاری در کلیه مراحل تحلیل، مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۵- ماتریس خود تعاملی ساختاری

H	G	F	E	D	C	B	A
-١	.	.	.	.	-١	.	A
-١	-١	.	.	١	.		B
-١	.	١	-١	.			C
-١	-١	.	.				D
-١	-١	١					E
-١	.						F
٢							G
							H

ب) ماتریس دریافتی: این ماتریس از تبدیل ماتریس خود تعاملی ساختاری به ماتریس دو ارزشی (صفر یک) ساخته می‌شود. برای استخراج این ماتریس لازم است که عدد یک جایگزین ارتباط دوسویه (۲) و ارتباط i به ۱ (j) شود و عدد صفر نیز جایگزین ارتباط j به i (i ۱-) و عدم ارتباط (۰) شود. پس از اتمام تبدیل همه سطرها، ماتریس دریافتی اولیه حاصل می‌شود و سپس روابط ثانویه کنترل می‌شود که در جدول شماره ۶ قرار گرفته است.

جدول ۶- ماتریس دریافتی نهایی

[illegible]

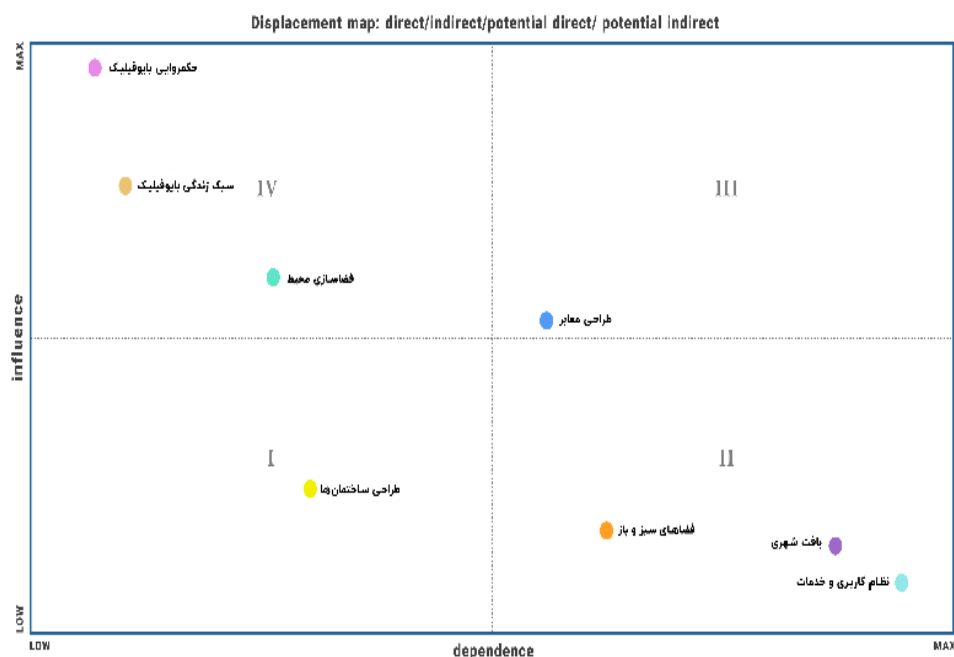
ج) تعیین روابط و سطح‌بندی ابعاد و شاخص‌ها: برای تعیین روابط و سطح‌بندی ابعاد و شاخص‌ها از ماتریس، ابتدا برای هر یک از ابعاد، مجموعه‌ای از خروجی‌ها و مجموعه‌ای از ورودی‌ها استخراج می‌شود. مجموعه خروجی شامل ابعاد یا شاخص‌هایی است که از آن تأثیر می‌پذیرند و مجموعه ورودی شامل ابعاد یا شاخص‌هایی است که بر آن تأثیر می‌گذارند. سپس مجموعه روابط دوطرفه هر یک از ابعاد مشخص می‌شود، یعنی تعداد بعد یا شاخص‌هایی که در دو مجموعه ورودی و خروجی تکرار شده است و سپس ابعاد بر اساس مجموعه‌های حاصله سطح‌بندی می‌شوند. به‌طور معمول، ابعادی که مجموعه خروجی و مجموعه روابط دوطرفه یکسان داشته باشند، سطح بالایی سلسله‌مراتب را تشکیل می‌دهند؛ پس منشأ یک شاخص دیگر نخواهند بود. هنگامی که سطح بالایی یک تعریف گردید، از دیگر ابعاد تفکیک می‌شود و سپس به‌وسیله یک فرایند همسان، سطوح بعدی مشخص می‌شود. نتایج حاصل در جدول شماره ۷ ارائه شده است.

جدول ۷- تعیین روابط و سطح‌بندی ابعاد

ابعاد	مجموعه خروجی	مجموعه ورودی	مجموعه مشترک	سطح
(۱) بافت شهری	۱	۱ و ۳ و ۵ و ۷ و ۸	۱	I
(۲) طراحی ساختمان‌ها	۲ و ۴	۲ و ۷ و ۸	۲	II
(۳) طراحی معابر	۱ و ۳ و ۶	۳ و ۵ و ۷ و ۸	۳	II
(۴) فضاهای سبز و باز	۴	۲ و ۴ و ۷ و ۸	۴	I
(۵) فضاسازی محیط	۱ و ۳ و ۵ و ۶	۵ و ۷ و ۸	۵	III
(۶) نظام کاربری و خدمات	۶	۳ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸	۶	I
(۷) رفتار و سبک زندگی بایوفیلیک	۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸	۷ و ۸	۷ و ۸	IV
(۸) حکمروایی بایوفیلیک	۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸	۷ و ۸	۷ و ۸	IV

تحلیل جدول تعیین روابط و سطح‌بندی ابعاد نشان می‌دهد که ساختار شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک از یک منطق سلسله‌مراتبی معنادار تبعیت می‌کند. ابعاد

«رفتار و سبک زندگی بایوفیلیک» و «حکروایی بایوفیلیک» در بالاترین سطح قرار گرفته و به عنوان محرک‌های اصلی و اثرگذارترین مؤلفه‌های سیستم عمل می‌کنند. در سطوح میانی، ابعادی نظیر «فضاسازی محیط»، «طراحی ساختمان‌ها» و «طراحی معابر» نقش واسط دارند؛ بدین معنا که هم از ابعاد راهبردی تأثیر می‌پذیرند و هم بر ابعاد پایه اثرگذارند. در سطح پایه نیز «بافت شهری»، «فضاهای سبز و باز» و «نظام کاربری و خدمات» قرار گرفته‌اند که بیشترین میزان تأثیرپذیری را داشته و نمود کالبدی و محیطی سیاست‌ها و مداخلات سطوح بالاتر را منعکس می‌کنند. این سطح‌بندی تصویر روشنی از مسیرهای اثرگذاری و جایگاه هر بعد در ساختار شهرسازی بایوفیلیک ارائه می‌دهد و مبنایی معتبر برای تعیین نقاط مداخله و برنامه‌ریزی در اقلیم گرم و خشک یزد فراهم می‌سازد. در شکل ۲، برای درک بهتر این نتایج و تأیید آن‌ها از تحلیل micmac استفاده شده و متعاقباً ماتریس قدرت نفوذ-وابستگی در نرم‌افزار micmac ترسیم شده است.

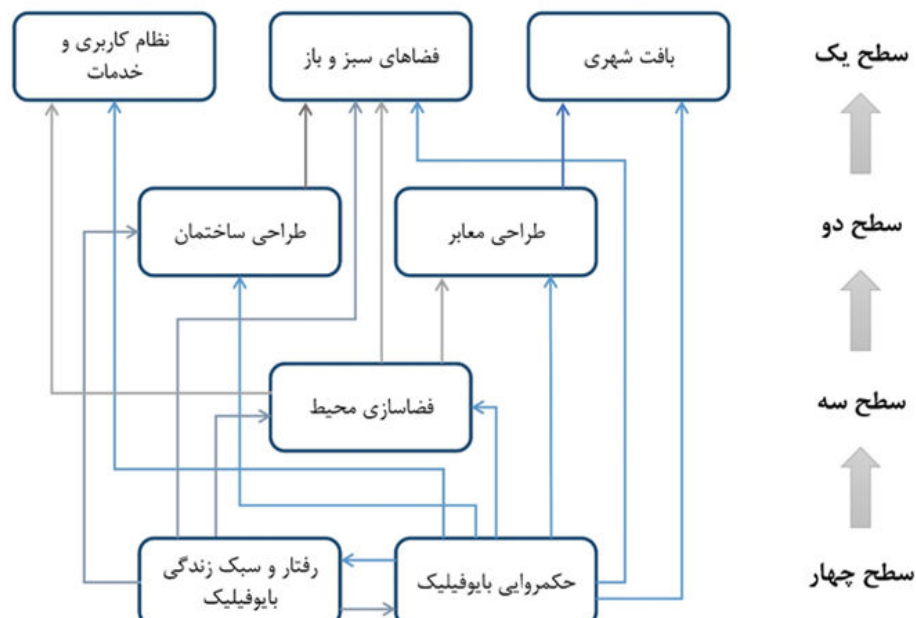


شکل ۲- ماتریس قدرت نفوذ- وابستگی

گام سوم: ترسیم شبکه تعاملات ابعاد شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و

خشک

در گام سوم به‌عنوان مدل نهایی پژوهش، بر اساس خروجی جدول ۷، سطوح و ابعاد شهرسازی بایوفیلیک در کنار هم و در تعامل با هم قرار گرفته است و در نهایت شبکه تعاملات بین ابعاد ترسیم شده است.



شکل ۳- سطح‌بندی ابعاد (مدل حاصل از روش)

بر اساس شبکه تعاملات ترسیم‌شده در شکل ۳، ابعادی که در سطح چهار قرار گرفته‌اند بیشترین نقش محرک و اثرگذاری را در ساختار علی-معلولی نظام بایوفیلیک شهر یزد ایفا می‌کنند؛ به این معنا که حکمرانی بایوفیلیک و رفتار و سبک زندگی بایوفیلیک در جایگاه سطوح راهبردی قرار داشته و منشأ اصلی برهم‌کنش‌ها و جهت‌دهنده تحولات سایر ابعاد محسوب می‌شوند. هرگونه اصلاح، مداخله یا ارتقای سیاستی در این

دو بعد می‌تواند بیشترین بازتاب را در سایر شاخص‌ها ایجاد کرده و موتور محرک بهبود وضعیت بایوفیلیک شهر باشد. در مقابل، ابعادی همچون بافت شهری، فضاهای سبز و باز و نظام کاربری و خدمات در سطح یک جای گرفته‌اند و بیشترین میزان وابستگی و تأثیرپذیری را از سایر شاخص‌ها دارند؛ به گونه‌ای که مداخله مستقیم در این حوزه‌ها بدون ایجاد اصلاحات پیشینی در سطوح بالاتر، با دشواری بیشتری همراه است و اثربخشی محدودی خواهد داشت. بنابراین، مسیر مداخله کارآمد در نظام بایوفیلیک شهر یزد، از سطوح بالادست حکمرانی و فضا سازی محیط آغاز شده و سپس امکان بهبود تدریجی و اثربخش در شاخص‌های وابسته‌تر سطح یک فراهم می‌شود؛ امری که بیانگر ضرورت نگاه سلسله‌مراتبی و نظام‌مند در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری بایوفیلیک است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان می‌دهد که حکمروایی بایوفیلیک و رفتار و سبک زندگی بایوفیلیک، اثرگذاری بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها دارند. این موضوع بیانگر آن است که این دو عامل می‌توانند منبع اصلی برای سایر ابعاد باشند و با اعمال تغییرات و بهبود در این ابعاد، تأثیر بیشتری در حوزه بایوفیلیک شهر یزد داشته باشند. حکمروایی بایوفیلیک به عنوان بستر سیاست‌گذاری و مدیریت شهر در جهت دستیابی به اهداف پایداری، نقش بنیادی در هدایت فرایندهای شهرسازی ایفا می‌کند. از سوی دیگر، در نظام‌های نوین برنامه‌ریزی شهری، اهمیت مشارکت مردمی و سبک زندگی سازگار با طبیعت بیش‌ازپیش شناخته می‌شود؛ از این رو، رفتار و سبک زندگی بایوفیلیک می‌تواند به عنوان محرک اجتماعی و فرهنگی سایر ابعاد عمل کرده و زمینه‌ساز تحقق رویکردهای بایوفیلیک در شهر باشد. در مقابل، ابعادی همچون بافت شهری، فضاهای سبز و باز، و نظام کاربری و خدمات وابستگی بیشتری به شاخص‌های سطح بالادست دارند و مداخله در آن‌ها مستلزم اصلاحات نهادی و طراحی محیطی است. این امر بیانگر آن است که تحقق شاخص‌های سطح پایه، مستلزم

ایجاد تغییرات ساختاری و محیطی است. جدول ۸، شاخص‌های سطح‌بندی شده شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک را همراه با راهکارهای پیشنهادی جهت کاربری در شهر یزد ارائه می‌دهد. علاوه بر تحلیل سلسله‌مراتبی شاخص‌ها، بررسی نسبت این نتایج با مبانی نظری نیز نشان می‌دهد که در شرایط اقلیمی و ساختاری یزد، نقش شاخص‌های نهادی و رفتاری برجسته‌تر از آن چیزی است که در ادبیات جهانی شهر بایوفیلیک مشاهده می‌شود. بسیاری از پژوهش‌های بین‌المللی، محوریت را بر عناصر کالبدی و زیرساخت‌های سبز قرار می‌دهند؛ حال آنکه یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که در بافت تاریخی و اقلیم گرم و خشک، حکمروایی کارآمد، مدیریت یکپارچه و سبک زندگی سازگار با طبیعت، پیش‌نیاز تحقق سایر ابعاد بایوفیلیک هستند. این نتیجه، جایگاه شاخص‌های نهادی و اجتماعی را در سطوح بالادستی مدل تقویت کرده و بر ویژگی‌های بومی و اقلیمی یزد تأکید دارد.

جدول ۸- راهنمای کاربری شاخص‌های شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک (نگارندگان)

اولویت مداخله	ابعاد	راهکارها	نوع مداخله	مقیاس مداخله
یک	حکمروایی بایوفیلیک	- اولویت با حفظ منابع طبیعی توسط نهادهای مدیریت شهری - تدوین ضوابط و مقررات بایوفیلیکی در اقلیم گرم و خشک توسط نهادهای مدیریت شهری - حمایت از گروه‌های دوستدار طبیعت و اقلیم بومی	سیاست‌گذاری (مدیریت شهری)	شهر
دو	رفتار و سبک زندگی بایوفیلیک	- تمایل استفاده مردم از فضاهای سبز و باز فراغتی - همکاری و مشارکت مردم در سازمان‌ها و ارگان‌های دوستدار طبیعت - تمایل مردم به پیاده‌روی به‌جای حمل‌ونقل موتوری - آگاهی و توجه مردم به حفظ منابع طبیعی	فرهنگ‌سازی (مدیریت شهری)	شهر

منطقه ناحیه محل واحد همسایگی	طراحی شهری	- استفاده از مبلمان و صندلی‌های سایه‌دار در فضاهای شهری - استفاده از کف‌پوش و جداره با رنگ روشن و ظرفیت گرمایی بالا و بازتاب حداقلی نور در فضاهای شهری - پوشش گیاهی مناسب و سایه‌انداز در لبه معابر	فضاسازی محیط	سه
شهر منطقه ناحیه	طراحی شهری	- جهت‌گیری جنوب غربی به شمال شرقی معابر - عرض معابر حداقل استاندارد - معابر دارای قوس استاندارد - نسبت مناسب ارتفاع جداره به عرض معبر (محصولیت)	طراحی معابر	چهار
واحد همسایگی قطعات	معماری	- درون‌گرایی و حیاط مرکزی - استفاده از مصالح بومی (مصالح با رنگ روشن و ظرفیت گرمایی بالا) - فرم و نمای ساختمان - طراحی بنا در راستای استفاده از باد مطلوب - استفاده از پوشش گیاهی و آب در حیاط ساختمان	طراحی ساختمان‌ها	پنجم
شهر منطقه ناحیه محل	برنامه‌ریزی و طراحی شهری	- بافت فشرده و متراکم - جهت‌گیری قطعات به سمت جنوب شرق - الگوی ساخت مربعی و تکرارشونده - طراحی بلوک با هسته مرکزی - نسبت طول به عرض ۱ به ۲٫۵ قطعات - تراکم ساختمانی بالا در لبه‌ها	بافت شهری	شش
منطقه ناحیه محل	برنامه‌ریزی شهری	- توجه به سازگاری کاربری‌ها - دسترسی پیاده و آسان به کاربری‌های خدماتی	نظام کاربری و خدمات	هفت
شهر منطقه ناحیه محل	طراحی شهری	- طراحی کمربند سبز - طراحی فضاهای سبز و باز در مقیاس‌های مختلف - طراحی مرکز محله سبز	فضاهای سبز و باز	هشت

در ادامه، کاربست این یافته‌ها در چارچوب مدیریت شهری یزد ضروری است؛ زیرا تحقق شاخص‌های پیشنهادی وابسته به ظرفیت‌ها و محدودیت‌های نهادی شهر است. ساختار مدیریت شهری یزد از یک‌سو با تجربه طولانی در حفاظت از بافت تاریخی، وجود سرمایه اجتماعی محلات تاریخی و شکل‌گیری برنامه‌های مشارکتی مواجه است و از سوی دیگر با چالش‌هایی همچون محدودیت منابع مالی، پراکندگی نهادی میان شهرداری و میراث فرهنگی، ضعف در انسجام سیاست‌ها و دشواری اجرای طرح‌های محیط‌زیستی روبه‌روست. از این‌رو، تحقق رویکردهای بایوفیلیک در یزد نیازمند بهره‌گیری از فرصت‌های موجود و رفع موانع ساختاری در حوزه‌هایی است که در جدول ۸ نیز منعکس شده‌اند. توجه به این بستر نهادی، امکان تبدیل نتایج تحقیق از سطح شاخص‌ها و اولویت‌ها به سطح سیاست‌گذاری و اقدام عملی را فراهم می‌کند. در نهایت، نتایج تحقیق می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری آینده در حوزه شهر یزد قرار گیرد. شهرسازی بایوفیلیک نه تنها ظرفیت ارتقای آسایش اقلیمی، کاهش مصرف انرژی و تقویت تاب‌آوری محیطی را دارد، بلکه توانایی ایجاد پیوندهای عمیق‌تر میان شهروندان و طبیعت و ارتقای کیفیت زندگی در محیط‌های شهری را نیز فراهم می‌آورد.

ORCID

Abbas Kalantari Sarcheshmeh

Neshat Tavakoli

Dorsa Fotouhi Ardakani

Reza Akbari



<http://orcid.org/0009-0006-4963-1948>



<http://orcid.org/0009-0003-1892-2214>



<https://orcid.org/0009-0004-7162-4301>



<https://orcid.org/0000-0001-9144-7382>

منابع

- اتحاد، سیده شبناز و جمعه‌پور، محمود. (۱۴۰۱)، مدل‌سازی ساختاری-تفسیری عوامل مؤثر بر تحقق بوم‌شهر (مطالعه موردی: شهر بجنورد)، دوفصلنامه توسعه پایدار محیط جغرافیایی، سال ۴، شماره ۶: ۱۴۳-۱۲۶.
- پایگاه میراث جهانی شهر یزد. (۱۴۰۰).
- پور دیهیمی، شهرام. (۱۳۹۰)، زبان اقلیم در طراحی محیطی پایدار، تهران: مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- توسلی، محمود. (۱۳۶۰)، ساخت شهر و معماری در اقلیم گرم‌وخشک ایران. تهران: انتشارات محمود توسلی، چاپ دوم.
- جمعه‌پور، محمود. (۱۴۰۱)، بازاندیشی و بازآفرینی جایگاه طبیعت در فرهنگ زیست‌بوم ایرانی-اسلامی، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۵۴، شماره ۳: ۸۸۷-۸۶۷.
- جمعه‌پور، محمود؛ اتحاد، سیده شبناز و نوریان، فرشاد. (۱۳۹۹)، تبیین اصول، ابعاد و مؤلفه‌های رویکرد شهر اکولوژیک (مطالعه موردی: شهر بجنورد)، پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دوره ۸، شماره ۲: ۴۱۳-۳۹۱.
- رفیعیان، مجتبی، فتح جلالی، آرمان و داداش پور، هاشم. (۱۳۹۰)، بررسی و امکان‌سنجی تأثیر فرم و تراکم بلوک‌های مسکونی بر مصرف انرژی شهر (نمونه موردی: شهر جدید هشتگرد)، فصلنامه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، دوره ۴، شماره ۶: ۱۱۶-۱۰۷.
- رنجبر، احسان، پور جعفر، محمدرضا و خلیجی، کیوان. (۱۳۸۹)، خلاقیت‌های طراحی اقلیمی متناسب با جریان باد در بافت قدیم بوشهر، فصلنامه باغ نظر، سال ۷، شماره ۱۳: ۳۴-۱۷.
- شیخ بیگلر، رعنا و محمدی، جمال. (۱۳۸۹)، تحلیل عناصر اقلیمی باد و بارش با تأکید بر طراحی شهری (مطالعه موردی شهر اصفهان)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره ۳.
- عزیزی، محمدمهدی. (۱۳۸۰)، آماده‌سازی زمین شهری در ایران. تهران: وزارت مسکن و شهرسازی، سازمان ملی زمین و مسکن.
- فرخی، مریم؛ ایزدی، محمد سعید و کریمی مشاور، مهرداد. (۱۳۹۷)، تحلیل کارایی انرژی در مدل‌های شهری اقلیم گرم و خشک (نمونه موردی: اصفهان)، نشریه مطالعات معماری ایران، دوره ۷، شماره ۱۳: ۱۴۷-۱۲۷.
- کسمائی، مرتضی. (۱۳۸۲)، اقلیم و معماری، اصفهان: نشر خاک، چاپ اول.

- کلانتری سرچشمه، عباس. (۱۴۰۰)، راهنمای طرح‌های آماده‌سازی زمین با تأکید بر آسایش اقلیمی در اقلیم گرم و خشک، پروژه نهایی کارشناسی ناپیوسته، رشته شهرسازی، دانشگاه یزد.
- لشکری، الهام و خلج، مهرشاد. (۱۳۹۰)، اصول پایداری شهر در اقلیم گرم و خشک ایران با تأکید بر شهرهای کهن، تهران: گنج هنر.
- مرادی، ساسان. (۱۳۹۸)، تنظیم شرایط محیطی، تهران: انتشارات آرمانشهر، چاپ دوازدهم.
- منتظری، مرجان و صلحی‌زاده، مهسا. (۱۳۹۵)، نقش عوامل اقلیمی در طراحی شهری، کنفرانس بین‌المللی معماری و شهرسازی.
- مهندسین مشاور معماری و شهرسازی عرصه. (۱۳۸۶)، طرح جامع شهر یزد. یزد: سازمان مسکن و شهرسازی یزد.
- نجف پور، بهرام. (۱۳۸۵)، نقش اقلیم در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط با تأکید بر ایران. پیک نور، دوره پنجم، شماره ۲.
- هاشمی فدک، الهه‌سادات و روشنی، پریرسا. (۱۳۹۲)، ارائه راهکارهای طراحی پایدار در اقلیم گرم و خشک (نمونه موردی: یزد)، همایش ملی معماری، شهرسازی و توسعه پایدار با محوریت از معماری بومی تا شهر پایدار.
- هدفی، فرزانه. صرافی نیک، علی. (۱۴۰۳)، مطالعه ارتباط دلبستگی به مکان و ادراک محیطی بر رضایت از مکان (موردپژوهشی: محله نوبر تبریز)، فصلنامه برنامه‌ریزی توسعه شهری و منطقه‌ای، سال نهم، شماره ۲۹: ۱۵۱ - ۱۹۵.
- هواشناسی یزد. (۱۴۰۱). شناسنامه اقلیمی شهرستان یزد، یزد: اداره کل هواشناسی یزد.
- هنرور، جمال‌الدین؛ رستمی، مختار؛ ازنب، مریم و طاهری سرمد، فائزه. (۱۴۰۳)، بررسی و ارزیابی مؤلفه‌های تأثیرگذار در شکل‌گیری کالبدی و فضایی زیستی خانه‌های سنتی شهر پاوه، فصلنامه برنامه‌ریزی توسعه شهری و منطقه‌ای، سال نهم، شماره ۲۹: ۱۴۵ - ۱۸۵.
- Browning, W., Ryan, C., & Clancy, J. (2014). Patterns of Biophilic Design: Improving Health & Well-Being in the Built Environment. *Terrapin Bright Green, LLC, New*.
- Cabanek, A; Newman, P. (2016). Biophilic urban regeneration: can biophilics be a land value capture mechanism? *Sustainable Development and Planning VIII* 65.
- Cabanek, A; Zingoni de Baro, M; and Newman, P. (2020). Biophilic streets: a design framework for creating multiple urban benefits. *Sustainable Earth*.

- Chojnacka, K., Widera, B., Macarulla, M., et al. (2024). Green urban transition: interdisciplinary insights on green façades design in hot climates as a strategy for low-carbon development. *Clean Technologies and Environmental Policy*. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02957-1>.
- Cook, E. (2016). Biophilic Urbanism: Making Cities Sustainable through Ecological Design. *International Conference on Civil, Architecture and Sustainable Development (CASD-2016) Dec. 1-2, 2016 London(UK)*.
- Dobson, J., Birch, J., Brindley, P., Henneberry, J., McEwan, K., Mears, M.,... Jorgensen, A. (2021). The magic of the mundane: The vulnerable web of connections between urban nature and wellbeing. *Cities* 108 (2021) 102989.
- Gillis, K.; Gatersleben, B. (2015). A Review of Psychological Literature on the Health and Wellbeing Benefits of Biophilic Design. *Buildings*.
- Gomaa, M. M., El Menshawy, A., Nabil, J., & Ragab, A. (2024). Vegetation Impacts on University Building Performance: A Case Study in Hot, Arid Climates. *Urban Science*, 8(3), 136. <https://doi.org/10.3390/urbansci8030136>.
- Haas, T., & Olsson, K. (2016). Urban Planning & Design in Times of Structural and Systemic Change. *Built Environment, Geography, Social Sciences*.
- Kellert, S., & Calabrese, E. (2015). *Nature by Design: The Practice of Biophilic Design*. Available online: https://biophilicdesign.umn.edu/sites/biophilic-netpositive.umn.edu/files/202109/2015_Kellert%20The_Practice_of_Biophilic_Design.pdf.
- Kellert, S., & O. Wilson, E. (1993). *The Biophilia Hypothesis*. Washington, DC.: Island Press.
- Kellert, S. (2008). Dimensions, elements, and attributes of biophilic design. *The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life*. Wiley, Hoboken, NJ, pp. 3–19.
- Kellert, S. (2016). Biophilic urbanism: the potential to transform. *Smart and Sustainable Built Environment, Vol. 5 Iss 1 pp*.
- Khanna, P. (2010). *Beyond City Limits*. Foreign Policy.
- Li, K., & Lin, B. (2015). Impacts of urbanization and industrialization on energy consumption/CO2 emissions: Does the level of development matter? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Lee, S., & Kim, Y. (2021). A framework of biophilic urbanism for improving climate change. *Urban Forestry & Urban Greening*.
- Lefosse, D. C., Naghibi, M., Luo, S., & van Timmeren, A. (2025). Biophilic urbanism across scales: Enhancing urban nature through experience and design. *Land*, 14(5), Article 1112. <https://doi.org/10.3390/land14051112>.
- Meenar, M., Pánek, J., Kitson, J., & York, A. (2025). Mapping the emotional landscapes of parks in post-industrial communities enduring environmental injustices: Potential implications for biophilic city planning. *Cities*, 152, 104043. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105692>.
- Nagy, N., Ragab, A., & Bakeer, L. (2024). *The Influence of Residential Building Cluster Orientations on Outdoor Thermal Performance in Hot Arid Regions*. IJAES. https://ijaes.journals.ekb.eg/article_437528.html.

- Newman, P. (2014). Biophilic urbanism: a case study on Singapore. *Australian Planner, Volume 51, 2014 - Issue 1*.
- O'Sullivan, K; Shirani, F; Hale, R; Pidgeon, N; and Henwood, K. (2023). Identity, place narrative and biophilic urban development: Connecting the past, present and future for sustainable liveable cities. *Frontiers in Sustainable Cities*.
- R C Amat, S Ismail, M H Wahab, N H Ahmad and W N M W M Rani. (2020). A Dimension of Biophilia in Urban Design. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Reeve, A., Hargroves, C., Desha, C., Newman, P., & Baghdadi, O. (2013). Biophilic Urbanism: Harnessing natural elements to enhance the performance of constructed assets. *espace - Curtin's institutional repository*.
- Söderlund, J. (2019). The Emergence of Biophilic Design. *Springer Nature Switzerland AG*.
- Stephenson, J., Newman, K., & Mayhew, S. (2010). Population dynamics and climate change: what are the links? *public health*.
- Tekin, B. H., & Aktog, M. A. (2025). A conceptual framework for biophilic architectural design in cold climates: A meta-synthesis analysis. *Buildings*, 15(21), 3825. <https://doi.org/10.3390/buildings15213825>.
- Tekin, B. H., Izmir Tunahan, G., Disci, Z. N., & Ozer, H. S. (2025). Biophilic design in the built environment: Trends, gaps and future directions. *Buildings*, 15(14), 2516. <https://doi.org/10.3390/buildings15142516>.
- Timothy Beatley & Peter Newman. (2013). Biophilic Cities Are Sustainable, Resilient Cities. *Sustainability*.
- Totaforti, S. (2020). Emerging Biophilic Urbanism: The Value of the Human-Nature Relationship in the Urban Space. *sustainability*.
- Xue, F., Gou, Z., Lau, S.-Y., Lau, S.-K., Chung, K.-H., & Zhang, J. (2019). From biophilic design to biophilic urbanism: Stakeholders' perspectives. *Journal of Cleaner Production*.
- Uçer, H. B., Tzortzi, J. N., Lux, M. S., & Oğut, Ö. (2024). Sustainable Urban Landscapes in Hot-Dry Regions: Climate-Adaptive Courtyards. *Land*, 13(7), 1035. <https://doi.org/10.3390/land13071035>.
- Waheeb, M. I., Hemeida, F. A., & Mohamed, A. F. (2024). Improving thermal comfort using biomimicry in urban residential districts in New Aswan city, Egypt. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05310-0>

استناد به این مقاله: کلانتری سرچشمه عباس؛ توکلی، نشاط؛ فتوحی اردکانی، درسا و اکبری، رضا. (۱۴۰۵). تبیین مدل ساختاری تفسیری جهت کاربست شهرسازی بایوفیلیک در اقلیم گرم و خشک، فصلنامه برنامه‌ریزی توسعه شهری و منطقه‌ای، ۱۱(۳۶)، ۸۵-۱۲۲.



Urban and Regional Development Planning is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.