تبیین سازوکارهای چندمقیاسی پیوند معماری و شهرسازی بیوفیلیک با کارایی انرژی شهری: مطالعه موردی منطقه ۲۲ تهران

پریا شفیع‌پور یوردشاهی[۱*]، پانته آ خضرلو[۲]، آرام خضرلو[۳]

[۱]گروه معماری و شهرسازی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران (نویسنده مسئول: pshafipour@tvu.ac.ir)

[۲] کارشناسی ارشد معماری و انرژی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

[۳] مربی گروه معماری، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:1405-07-01
تاریخ بازنگری:1405-07-27
تاریخ پذیرش:1405-07-28

چکیده

گسترش شهرنشینی و تشدید مخاطرات اقلیمی، ضرورت بازاندیشی در کارایی انرژی شهری را فراتر از مقیاس تک‌بنا و با تأکید بر راهبردهای بیوفیلیک برجسته می‌سازد. با این حال، سازوکارهای پیچیده پیونددهنده این مداخلات با عملکرد انرژی و موانع زمینه‌ای آن همچنان نیازمند واکاوی است. پژوهش حاضر با هدف تبیین سازوکارهای چندمقیاسی و زمینه‌مند پیوند معماری و شهرسازی بیوفیلیک با کارایی انرژی شهری در منطقه ۲۲ تهران انجام می‌گیرد. در این مطالعه کیفی با رویکرد استقرایی و پارادایم تفسیری، داده‌های حاصل از ۱۷ مصاحبه عمیق با خبرگان که به روش هدفمند و گلوله‌برفی تا حد اشباع نظری انتخاب شده بودند، گردآوری شد. تحلیل نظام‌مند داده‌ها بر مبنای روش تحلیل تماتیک طی شش مرحله و با بهره‌گیری از نرم‌افزار تحلیل کیفی انجام پذیرفت. یافته‌ها نشان دادند که کارایی انرژی شهری مفهومی چندبعدی، سیستمیک و وابسته به تاب‌آوری است که باید از مداخلات تزئینی مصرف‌کننده انرژی متمایز گردد. در مقیاس خرد، راهبردهای بیوفیلیک از طریق سایه‌اندازی، تبدیل گرمای محسوس به نهان و کاهش دمای میانگین تابشی، شرایط مرزی تبادل حرارت را دگرگون کردند و از مجرای آسایش تطبیقی و ارتقای تحمل روانی–حرارتی ساکنان، فعال‌سازی تجهیزات سرمایش مکانیکی را به تأخیر انداختند. در مقیاس‌های میانی و کلان، نتایج آشکار ساخت که عملکرد ساختمان‌ها جمع‌پذیر خطی نبوده و انتقال اثرات خنک‌کنندگی نیازمند برقراری الگوی آبشار ترمودینامیکی و پیوستگی شبکه‌ای است؛ به‌طوری‌که در فرم باز و بلندمرتبه منطقه، کاشت متراکم و نامتناسب گیاهان به انسداد جریان باد، حبس رطوبت تعرقی، افزایش دمای حباب مرطوب و شکل‌گیری پدیده سازگاری مخرب انجامید. علاوه بر این، ضابطه گودبرداری کامل عرصه برای پارکینگ‌های زیرسطحی با قطع پیوند خاک

عمیق، تعارض هم‌بست آب و انرژی را برانگیخت و تسلط منطق سوداگری زمین و رانت منظر، پتانسیل‌های اقلیمی را به ابزار بازاریابی املاک تقلیل داد. در نهایت، این پژوهش نشان می‌دهد که پیوند بیوفیلیا با کارایی انرژی شهری حاصل افزودن منفعلانه عناصر سبز نبوده، بلکه نیازمند هم‌افزایی ترمودینامیکی پوسته با هندسه آیرودینامیک فضای میانی، رعایت ظرفیت برد بوم‌شناختی اقلیم نیمه‌خشک، و گذار از ضوابط تجویزی صلب به رژیم تنظیم‌گری عملکردمحور و حساس به مشترکات اقلیمی است.

واژگان کلیدی: سازوکارهای چندمقیاسی؛طراحی بیوفیلیک؛ عدالت فضایی؛ کارایی انرژی شهری؛ منطقه ۲۲ تهران.

۱.مقدمه

شتاب شهرنشینی، رشد تقاضای انرژی و تشدید مخاطرات اقلیمی، مسئله عملکرد محیط ساخته‌شده را از سطح بهینه‌سازی یک ساختمان به یکی از مسائل راهبردی مطالعات شهری تبدیل کرده است. ساختمان‌ها در سال ۲۰۲۴ حدود ۳۰ درصد از تقاضای نهایی انرژی جهان را به خود اختصاص داده‌اند و بخش ساختمان و ساخت‌وساز همچنان سهم قابل‌توجهی از مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی را دربر می‌گیرد (Usip et al.,2026). هم‌زمان، افزایش دمای شهری و تشدید جزیره حرارتی، به‌ویژه در شهرهای بزرگ، تقاضای سرمایش را افزایش داده و نشان داده است که عملکرد انرژی ساختمان‌ها از شرایط حرارتی و کالبدی محیط پیرامون آن‌ها جدا نیست. در نتیجه، گذار به شهرهای کم‌کربن تنها با ارتقای فناوری تجهیزات، استانداردهای ساختمانی و سامانه‌های فعال انرژی محقق نمی‌شود؛ بلکه سازمان فضایی شهر، فرم ساختمان، کیفیت فضای باز، پوشش گیاهی، سطوح شهری و نحوه تعامل میان این عناصر نیز در شکل‌گیری شرایط انرژی نقش دارند (Thampanichwat et al.,2025). این تغییر مقیاس، ضرورت بازاندیشی در راهکارهای طراحی و برنامه‌ریزی را افزایش داده و توجه به راهبردهای طبیعت‌محور را به یکی از مسیرهای مهم پیوند میان عملکرد محیطی، تاب‌آوری اقلیمی و کیفیت فضای شهری تبدیل کرده است.

در این میان، طراحی و شهرسازی بیوفیلیک از آن جهت اهمیت می‌یابد که ارتباط با طبیعت را از یک ویژگی تزئینی به مجموعه‌ای از مداخلات فضایی و عملکردی تبدیل می‌کند. ادبیات جدید، بیوفیلیا را محدود به حضور گیاه یا فضای سبز نمی‌داند، بلکه نور طبیعی، تهویه، آب، مصالح و الگوهای طبیعی، چشم‌انداز، فضای باز و رابطه میان درون و بیرون را نیز در بر می‌گیرد (Zhong et al., 2022). از منظر عملکردی، بخشی از این مداخلات می‌تواند از طریق ایجاد سایه، تبخیر و تعرق، تعدیل تابش، بهبود جریان هوا، افزایش بهره‌گیری از نور روز و کاهش وابستگی به سامانه‌های فعال، بر شرایط محیطی و نیاز

انرژی اثر بگذارد. پژوهش‌های شبیه‌سازی در مقیاس ساختمان نیز نشان داده‌اند که ادغام راهبردهای بیوفیلیک با بهسازی پوسته و سازمان‌دهی محیط می‌تواند هم‌زمان بر آسایش حرارتی، روشنایی و مصرف انرژی اثرگذار باشد (Nitu et al., 2022). با این‌حال، این شواهد بیشتر ظرفیت عملکردی مداخلات منفرد را نشان می‌دهند و هنوز روشن نمی‌کنند که چگونه چنین اثراتی در مقیاس‌های فضایی بالاتر شکل می‌گیرند و میان معماری، فضای باز و ساختار شهری تداوم می‌یابند.

این محدودیت با گسترش ادبیات شهرسازی بیوفیلیک آشکارتر شده است. مطالعاتی که مفهوم را از طراحی ساختمان به شهرسازی منتقل کرده‌اند، بر ضرورت حضور طبیعت در مقیاس‌های ساختمان، خیابان، محله و شهر تأکید دارند، اما حضور چند مقیاس در یک چارچوب الزاماً به معنای تبیین رابطه میان آن‌ها نیست (Lee & Kim, 2021). از سوی دیگر، مطالعه ذی‌نفعان در سنگاپور نشان داده است که راهبردهای بیوفیلیک در مقیاس شهری با هزینه، پیچیدگی و عدم‌قطعیت بیشتری نسبت به مداخلات موضعی همراه‌اند و در نتیجه، گذار از طراحی بیوفیلیک به شهرسازی بیوفیلیک نیازمند توجه هم‌زمان به تصمیم‌گیری و اجراست (Xue et al., 2019). مرور نظام‌مند تکین و همکاران (۲۰۲۵) نیز با تحلیل ۴۳۵ مطالعه نشان می‌دهد که پژوهش‌های بیوفیلیک همچنان از نظر مقیاس فضایی، زمینه جغرافیایی، نوع مداخله و روش ارزیابی پراکنده‌اند. از این منظر، مسئله پژوهش دیگر صرفاً شناسایی عناصر بیوفیلیک یا اثبات مزیت آن‌ها نیست؛ مسئله مهم‌تر، توضیح این است که این مداخلات از چه مسیرهایی و در چه مقیاس‌هایی به پیامدهای انرژی تبدیل می‌شوند و چه شرایطی این مسیر را تقویت یا محدود می‌کند.

اهمیت این مسئله در زمینه تهران دوچندان است، زیرا عملکرد انرژی در این کلان‌شهر به‌طور مستقیم با ساختار کالبدی و شرایط اقلیمی آن درهم‌تنیده است. شواهد موجود نشان می‌دهند که جزیره حرارتی تهران با افزایش دما و تقاضای سرمایش ارتباط دارد و ترکیب پوشش گیاهی و راهبردهای تغییر ویژگی سطوح می‌تواند شرایط حرارتی و بار سرمایشی ساختمان‌ها را تغییر دهد (Nouri et al., 2022). پژوهش جدیدتر آقازاده و همکاران (۲۰۲۵) نیز نشان داده است که توزیع دما و شدت جزیره حرارتی در پهنه‌های مختلف تهران تابع الگوی کاربری زمین، پوشش گیاهی، توسعه کالبدی و سایر ویژگی‌های فضایی است و اثر این عوامل در طول شبانه‌روز و در نقاط مختلف شهر یکسان نیست (Aghazadeh et al., 2025). این یافته‌ها یک نکته اساسی را روشن می‌کنند: رابطه طبیعت، فرم شهری و انرژی، رابطه‌ای ثابت و قابل انتقال از یک زمینه به زمینه دیگر نیست، بلکه به ویژگی‌های کالبدی و اقلیمی مکان وابسته است. بنابراین، بررسی بیوفیلیا در تهران نیازمند عبور از الگوی مداخله منفرد–پیامد منفرد و حرکت به سمت فهم روابط فضایی و زمینه‌ای است.

در این میان، منطقه ۲۲ شهرداری تهران تبلور عینی و پارادوکسیکال این شکاف‌ها در ابعاد تجربی و نهادی است. این منطقه در طرح جامع، به‌مثابه کریدور اکولوژیک و روزنه تنفسی غرب تهران در مسیر بادهای غالب و با زیرساخت‌های آبی–سبز کلان‌مقیاسی چون دریاچه شهدای خلیج فارس و پارک جنگلی چیتگر تعریف شده بود؛ اما در دهه‌های اخیر، تحت حاکمیت نئولیبرالی بازار زمین و مدیریت درآمدپایه شهری، به عرصه‌ای برای انبوه‌سازی شتابان و بارگذاری برج‌های بلندمرتبه متراکم تبدیل شده است. خلأ تجربی و نظری مشخصی که این پژوهش بر آن دست می‌گذارد، این است که با وجود هم‌جواری توده‌های متراکم با لکه‌های اکولوژیک کلان، هیچ چارچوب تبیین‌شده‌ای وجود ندارد که نشان دهد چگونه می‌توان پتانسیل

خنک‌سازی این زیرساخت‌های طبیعی را از طریق طراحی بیوفیلیک پیوسته در سه مقیاس پوسته معماری، فضای باز میان‌بافتی و ساختار کریدورهای شهری به درون پهنه‌های مسکونی امتداد داد و آن را به کاهش بارهای اوج انرژی پیوند زد. از سویی دیگر، مطالعات پیشین منطقه ۲۲ یا خرداقلیم پیرامون دریاچه را در سطح ماکرو ارزیابی کرده‌اند یا عملکرد تک‌برج‌ها را در محیط شبیه‌سازی شسته‌ورفته دیده‌اند؛ در نتیجه، نحوه اثرگذاری ترتیبات ساختمانی صلب، گسیختگی فضاهای باز برج‌ها، فقدان آسایش حرارتی بیرونی و نحوه تعامل رفتاری ساکنان با این فضاهای دست‌نخورده یا دگرگون‌شده در هاله‌ای از ابهام باقی مانده است. فراتر از آن، در بعد نهادی، نظام کنترل ضوابط و ساخت‌وساز مستقر در منطقه ۲۲ فاقد هرگونه ابزار قانونی یا سازوکار تشویقی برای ادغام معیارهای بیوفیلیک چندمقیاسی در چرخه تأیید طرح‌هاست، که این امر عملا ظرفیت‌های خنک‌سازی اکولوژیک منطقه را به دلیل انسداد کریدورهای طبیعی خنثی ساخته است.

بنابراین، ضرورت انجام این پژوهش نه در تکرار مزایای بدیهی هم‌نشینی با طبیعت، بلکه در صورت‌بندی زنجیره علّی و شرایط تحقق‌پذیری شهرهای بیوفیلیک انرژی‌کارآمد در یک بافت تنش‌آلود معاصر نهفته است. بر این اساس، هدف اصلی پژوهش حاضر، اکتشاف و تبیین سازوکارهای چندمقیاسی و زمینه‌مندی است که از طریق آن‌ها رویکردهای بیوفیلیک در معماری و شهرسازی بر راندمان انرژی اثر می‌گذارند؛ و همچنین شناسایی نیروها و موانع کالبدی، رفتاری و نهادی است که این سازوکارها را در پهنه منطقه ۲۲ تهران فعال یا سرکوب می‌کنند. در راستای تحقق این هدف، پژوهش در پی پاسخ‌گویی به این پرسش‌های محوری است:

۱) عناصر و راهبردهای طراحی بیوفیلیک از طریق چه زنجیره‌ای از سازوکارهای فیزیکی، خرداقلیمی و رفتاری–انطباقی می‌توانند بر کارایی انرژی در زنجیره مقیاسی ساختمان، فضای باز و ساختار شهری اثرگذار باشند؟

۲) چه پیش‌شرط‌ها و موانع نهادی، کالبدی و زمینه‌ای در ساختار برنامه‌ریزی و الگوهای توسعه منطقه ۲۲ تهران، انتقال و اثربخشی این سازوکارها را تعدیل یا محدود می‌سازند؟

۳) و چگونه می‌توان یک مدل مفهومی یکپارچه و زمینه‌محور از شهرسازی بیوفیلیک انرژی‌کارآمد صورت‌بندی کرد که راهنمای سیاست‌گذاری فضایی و مداخله در چنین بافت‌های متراکمی باشد؟

۲.پیشینه پژوهش

ادبیات روزافزون پیوند انسان و طبیعت در محیط‌های انسان‌ساخت، طی سال‌های اخیر از رویکردهای توصیفی و روان‌شناختی محض به سمت ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی، به‌ویژه بهره‌وری انرژی و سازگاری اقلیمی، تغییر جهت داده است (Zhong et al.,2022). واکاوی مطالعات یک دهه اخیر نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از بدنه پژوهشی بین‌المللی، طراحی بیوفیلیک را از دریچه مقیاس خرد کالبدی و عملکرد پوسته‌های ساختمانی واکاوی کرده‌اند؛ رویکردی که در مطالعات دینگ و همکاران (۲۰۲۴)، ماسود (۲۰۲۴) و نیتو و همکاران (۲۰۲۲) از طریق شبیه‌سازی‌های پارامتریک و ارزیابی سقف‌ها و جداره‌های سبز فتوولتائیک برای کاهش بارهای برودتی و حرارتی دنبال شده است. با این حال، غلبه این سنخ از مطالعات موجب شکل‌گیری نوعی تقلیل‌گرایی مقیاسی در ادبیات شده است؛ پدیده‌ای که در آن منافع بیوفیلیا صرفاً به راندمان ترمودینامیکی پوسته بنا

فروکاسته می‌شود و پیوستار فضایی آن با ساختار کلی شهر نادیده می‌ماند (Lee & Kim,2021). گرچه پژوهش‌های پیشرویی نظیر کانتیکلی و همکاران (۲۰۲۴) بر ضرورت مقیاس‌پذیری و پهنه‌بندی کلان‌داده‌های بهره‌وری انرژی در مقیاس شهری پای فشرده‌اند و لیتکه (۲۰۱۶) و آندروچی و همکاران (۲۰۲۱) ابعاد سیاست‌گذاری و تاب‌آوری اکولوژیک بیوفیلیا را در بسترهای شهری لندن، شیکاگو و بیرمنگام بررسی کرده‌اند، اما در این تجارب نیز سازوکار دقیق انتقال اثرات از مداخله کالبدی خرد به الگوهای رفتاری و بهینه‌سازی انرژی در سطح پهنه‌ها تبیین نشده است.

وجه مشترک پژوهش‌های بین‌المللی معطوف به پایداری (از سنتز جامع اوسیپ و همکاران (۲۰۲۶) و شولانکه و آدبیسی (۲۰۲۶) در خصوص منافع توأم سلامت‌محور و انرژی گرفته تا تحلیل‌های تکین (۲۰۲۵) و کریمی و همکاران (۲۰۲۳)) تأکید بر توانایی ذاتی عناصر طبیعی در کاهش مصرف کربن و ارتقای آسایش زیستی است. با وجود این، یک شکاف سازوکاری بنیادین در این طیف از ادبیات به چشم می‌خورد؛ بدین معنا که بیوفیلیا فی‌نفسه و به شکلی خطی به کاهش تقاضای انرژی منجر نمی‌شود، بلکه بستری فضایی و ادراکی خلق می‌کند که پیامد نهایی آن تنها در صورت استقرار زنجیره‌ای از متغیرهای میانجی محقق خواهد شد. موچوتسکا و اسپیخاو (۲۰۲۶) و تبسم و پارک (۲۰۲۴) تلویحاً به این واسطه‌مندی اشاره داشته و اثربخشی عناصر طبیعی را منوط به تنظیم کیفیت محیط داخلی و اعتبارسنجی ارزیابی‌های پس از سکونت دانسته‌اند؛ با این حال، مدل‌های ارائه شده فاقد زنجیره علّی آزمون‌پذیر میان ظرفیت‌های کالبدی، ادراک روانی و انطباق رفتاری کاربران هستند. حتی توسعه شاخص‌های نوینی نظیر نوروبیوفیلیا توسط خلیل و استیمرز (۲۰۲۶) یا تلاش‌های آگبولا و همکاران (۲۰۲۴) و ویجسوریا و برامبیلا (۲۰۲۱) برای انطباق اصول بیوفیلیک با نظام‌های رتبه‌بندی لید (LEED)، کماکان در مرز سنجش‌های فنی–فیزیولوژیک متوقف مانده و از صورت‌بندی یک گزاره تحلیلی ساختاریافته که نقش رفتار انطباقی و میانجی‌گری ادراکی را در گذار به کارایی انرژی بسنجد، بازمانده‌اند.

در مطالعات داخلی نیز توجه به بیوفیلیا در سال‌های اخیر شتاب گرفته، اما این پژوهش‌ها عمدتاً دچار دوپارگی روش‌شناختی و مفهومی بوده‌اند. از یک سو، پژوهش‌هایی مانند رئیسی و همکاران (۲۰۲۵) و نادری و همکاران (۲۰۲۳) در اقلیم‌های یزد، تبریز و رشت، با اتکا به سنجش‌های دیتالاگری و شبیه‌سازی حرارتی، صرفاً به اندازه‌گیری مستقیم کاهش بارهای برودتی و ارتقای خرداقلیم پرداخته‌اند؛ و از سوی دیگر، مطالعاتی نظیر خسرونیا (۲۰۲۶)، سربلند و عابدینی (۲۰۲۵)، مهدویان و پرهیز (۲۰۲۴) و ملکی و همکاران (۲۰۲۱) با بهره‌گیری از تکنیک‌های معادلات ساختاری، خوشه‌بندی یا متاسوات، به استخراج معیارها و سنجش آگاهی بیوفیلیک در شهرهایی نظیر ارومیه، اصفهان و تنکابن مبادرت ورزیده‌اند. این دوگانگی سبب شده است که در بافت‌های فشرده و با مداخله متراکم ایران، پیوند میان کالبد و پاسخ‌های رفتاری مفقود بماند. مطالعات مقیمی شهری و وفامهر (۲۰۲۴)، بیطرف و همکاران (۲۰۱۸) و غلامزاده و عظیم (۲۰۲۳) نیز الگوهای بیوفیلیک را در حد ترجیحات بصری یا گونه‌شناسی مسکن متوقف کرده‌اند، بدون آنکه پیامد آن بر تعدیل بار اکولوژیک ارزیابی شود. مهم‌تر آنکه شکاف زمینه‌ای–نهادی در ادبیات به‌شدت احساس می‌شود؛ همان‌گونه که سادیک و همکاران (۲۰۲۳) در استرالیا و تامپانیچوات و همکاران (۲۰۲۵، ۲۰۲۶) در بافت مرکزی ملبورن نشان داده‌اند، موانع کالبدی، ساختار بازار زمین و صلبیت قوانین توسعه مانع تحقق فرم‌های بیوفیلیک می‌شوند. این چالش در کلان‌شهرهایی مانند تهران و بافت‌های فشرده سنتی مضاعف است؛ جایی که فشردگی کالبدی و ترتیبات حکمرانی شهری، ظرفیت اکولوژیک پیش‌بینی‌شده در مدل‌های غربی را خنثی می‌سازند.

بنابراین، شکاف اصلی که این پژوهش به آن پاسخ می‌دهد، فقدان یک فهم عمیق و یکپارچه از فرآیند تبدیل پتانسیل‌های طراحی بیوفیلیک به کارایی انرژی در بستری پیچیده و چندمقیاسی است. ادبیات موجود یا بر جبرگرایی کالبدی در مقیاس خرد تأکید دارد، یا به تحلیل‌های کلان و انتزاعی بسنده می‌کند و از تبیین سازوکارهای واسطه‌ای و موانع زمینه‌ای غافل است. از این رو، هدف این پژوهش کیفی، به منظور اکتشاف و صورت‌بندی این سازوکارها، موانع و پیش‌شرط‌ها از منظر متخصصان و کنشگران درگیر است تا بتواند پایه‌ای برای تدوین یک نظریه میان‌برد زمینه‌محور فراهم آورد. این رویکرد اکتشافی، پاسخی مستقیم به خلأ موجود در ادبیات جهانی و داخلی برای فهم چگونگی و چرایی تحقق‌پذیری شهرهای بیوفیلیک انرژی‌کارآمد است.

جدول ۱- پیشینه تحلیلی و تعیین جایگاه پژوهش حاضر در ادبیات موضوع

محور موضوعی	نویسندگان (سال)	رویکرد روش‌شناختی	یافته‌های کلیدی	وجوه اشتراک و افتراق با پژوهش حاضر
رویکرد پوسته، فناوری و شبیه‌سازی	Ding et al. (۲۰۲۴); Nitu et al. (۲۰۲۲); Massoud, (2024); رئیسی و همکاران (۱۴۰۴)	شبیه‌سازی عددی و پارامتریک (DesignBuilder, Grasshopper) و تحلیل دیتالاگر	کاهش بار سرمایش و گرمایش تا ۳۰٪؛ افزایش راندمان سیستم‌های PV و بهبود خرداقلیم جداره	اشتراک: تأیید ظرفیت مهار انرژی توسط کالبد سبز. افتراق: تقلیل‌گرایی به مقیاس کالبدی خرد و نادیده‌گرفتن متغیرهای مداخله‌گر رفتاری، ادراکی و حکمرانی شهری. پژوهش حاضر به دنبال کشف همین متغیرهاست.
رویکرد رفتاری، ادراکی و عصب‌شناختی	Usip et al. (۲۰۲۶); Khalil & Steemers, (2026); Tabassum & Park (2024) ناصری و همکاران (۲۰۲۴)	ارزیابی‌های پس از سکونت (POE)، مرور یکپارچه، تحلیل qEEG و ماتریس‌های تطبیقی	اثبات همبستگی میان ادراک بیوفیلیک و کاهش استرس فیزیولوژیک؛ غفلت از ثبت پیوند میان سلامت و مصرف انرژی	اشتراک: تمرکز بر بعد غیرکالبدی و نقش ادراک انسان در فضا. افتراق: ناتوانی در امتداد دادن اثرات شناختی به پیامدهای عینی کارایی انرژی و مدل‌سازی رفتار انطباقی ساکنان. پژوهش حاضر این پیوند را می‌کاود.
رویکرد ادغام در برنامه‌ریزی و ارزیابی شهری	Conticelli et al. (۲۰۲٤); Andreucci et al. (2021); خسرونیا (۲۰۲۶)؛ سربلند و عابدینی (۲۰۲۵)	مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)، خوشه‌بندی، تحلیل مکانی در GIS، ممیزی EPCs	معناداری مسیرهای برنامه‌ریزی شهری بیوفیلیک بر کارایی انرژی و شکل‌گیری زون‌های آسیب‌پذیر در بافت‌های کهن	اشتراک: نگاه کل‌نگر و فرارفتن از مقیاس تک‌بنا به بستر شهری. افتراق: غلبه روابط همبستگی بدون تبیین زنجیره علّی خرد به کلان؛ پژوهش حاضر با رویکرد کیفی به دنبال کشف ماهیت این زنجیره علّی است.
رویکرد زمینه‌ای، نهادی و موانع توسعه	Sadick et al. (۲۰۲۳); Thampanichwat et al. (۲۰۲۵; ۲۰۲٦); Littke,(۲۰16)	تحلیل اسناد بالادستی، ممیزی کالبدی پلاک‌ها، مصاحبه کیفی با خبرگان	رواج بسیار پایین فرم‌های بیوفیلیک در بافت‌های فشرده به دلیل محدودیت‌های مالی، مالکیتی و ضوابط صلب	اشتراک: توجه به محدودیت‌های بافت‌های متراکم تاریخی-مرکزی. روش‌شناسی کیفی این مطالعات مشابه پژوهش حاضر است. افتراق: این مطالعات به تبیین موانع پرداخته‌اند، اما مدل راهبردی جهت غلبه بر این بن‌بست زمینه‌ای ارائه نداده‌اند. هدف پژوهش حاضر، اکتشاف ابعاد این راهبردهاست.
جایگاه نوآورانه پژوهش حاضر: خروج از جبرگرایی کالبدی و همبستگی‌های کمی از طریق اکتشاف ماهیت فرآیند؛ پاسخ به شکاف‌های مقیاسی، سازوکاری و زمینه‌ای از طریق تدوین یک مدل مفهومی یکپارچه و زمینه‌محور که می‌تواند مبنای نظریه‌های میان‌برد و آزمون‌های کمی آتی قرار گیرد.				

۳.چارچوب نظری پژوهش

پژوهش‌های معاصر در حوزه طراحی پایدار اغلب بر مبنای یک مفروض تقلیل‌گرایانه شکل گرفته‌اند که در آن، ادغام عناصر طبیعی در محیط ساخته‌شده به‌صورت پیش‌فرض متضمن بهبود کارایی انرژی و تخفیف جزایر حرارتی تلقی می‌شود. این هم‌ارزپنداری ساده‌انگارانه میان حضور بوم‌شناختی طبیعت و عملکرد ترمودینامیکی فضا، شکافی نظری پدید آورده که ریشه آن در غیاب تبیین‌های مکانیزم‌محور نهفته است. فرضیه بیوفیلیا (Wilson,1984) تمایل ذاتی انسان به پیوند با زیست‌بوم را صورت‌بندی می‌کند و در ادامه، سنخ‌شناسی‌های طراحی بیوفیلیک (Kellert et al.,2008) این گرایش ادراکی را به راهبردهایی نظیر گیاه‌افزایی، آسایش بصری و تهویه طبیعی در معماری ترجمه می‌نمایند. با این حال، تبیین بیوفیلیک به‌خودی‌خود واجد هیچ قدرت پیش‌بینی یا سازوکار علّی برای اثبات کاهش تقاضای انرژی ساختمان نیست و مطلوبیت روان‌شناختی یا بوم‌شناختی طبیعت نمی‌تواند دلیل بسنده‌ای برای کارایی انرژی آن به شمار آید؛ گزاره‌ای که مرورهای انتقادی اخیر بر ادبیات محیط مصنوع نیز بر عدم یکپارچگی آن با عملکرد فنی انرژی صحه می‌گذارند (Wijesooriya & Brambilla,2021). برای عبور از این خوش‌بینی هنجاری، رویکرد نظری حاضر راهبردهای بیوفیلیک را نه به‌منزله راه‌حل‌های غایی انرژی، بلکه صرفاً به‌مثابه محرک‌ها و مداخلات کالبدی بالقوه در تراز حرارتی فضا بازتعریف می‌کند.

تبدیل این پتانسیل کالبدی به عملکرد واقعی انرژی نیازمند وساطت اصول تراز انرژی سطحی و اقلیم خردشهری است (Oke,1982). بر مبنای این چارچوب ترمودینامیکی، سطوح طبیعی و مصنوع از مجرای تابش خالص، گرمای محسوس، گرمای نهان ناشی از تبخیر و تعرق و ذخیره گرما در بستر کالبدی با یکدیگر به برهم‌کنش می‌پردازند. از این منظر، حضور عناصر زیستی زمانی بر بار سرمایشی یا گرمایشی اثر می‌گذارد که سازوکارهای فیزیکی سایه‌اندازی پوسته، تعدیل دمای هوای پیرامونی، انسداد یا هدایت جریان باد و تغییر ضریب بازتابش به‌طور هدفمند فعال شوند. با این وجود، انتقال اثرات خرداقلیمی به کاهش بار انرژی درون ساختمان فرایندی خطی نیست؛ بهینه‌سازی آسایش حرارتی در فضای باز الزاماً به معنای کاهش پیک مصرف برودتی ساختمان‌های مجاور نخواهد بود و مداخلات نسنجیده گیاهی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، با ممانعت از تابش مطلوب زمستانه یا تشدید نیاز به منابع آب زیرزمینی، می‌توانند پیامدهای معکوس بر بار انرژی تحمیل کنند (Erell et al.,2011).

با این حال، منطق فیزیکی تراز انرژی هنگامی که صرفاً در مقیاس پوسته بنا یا جداره‌های مجاور متوقف بماند، از تبیین برهم‌کنش‌های بافت پیرامونی ناتوان است. این محدودیت مقیاسی با کاربست بوم‌شناسی منظر و الگوی لکه–راهرو–ماتریس (Forman,1995) برطرف می‌شود. در ساختار فضایی شهر، هیچ ساختمان یا لکه سبزی در انزوای اکولوژیک عمل نمی‌کند؛ بلکه موقعیت فضایی، هندسه فشردگی، دانه‌بندی کالبدی و پیوستگی شبکه‌ای فضاهای باز تعیین می‌کنند که توده‌های هوای خنک و جریان‌های بادی تا چه عمقی به درون بافت شهری نفوذ نمایند. در این راستا، مفهوم شهرسازی بیوفیلیک (Beatley,2011) مقیاس مداخله را از کالبد منفرد بنا به زیرساخت سبز، شبکه معابر و پیوستگی بافت شهری ارتقا می‌دهد. با این همه، نقد نظری به رویکرد بیتلی آشکار می‌سازد که برنامه‌ریزی برای توسعه زیرساخت‌های سبز شهری، در صورتی که با جهت‌گیری معابر، مورفولوژی دره‌های شهری و کوریدورهای تهویه هماهنگ نباشد، صرفاً به تکثیر لکه‌های پراکنده و

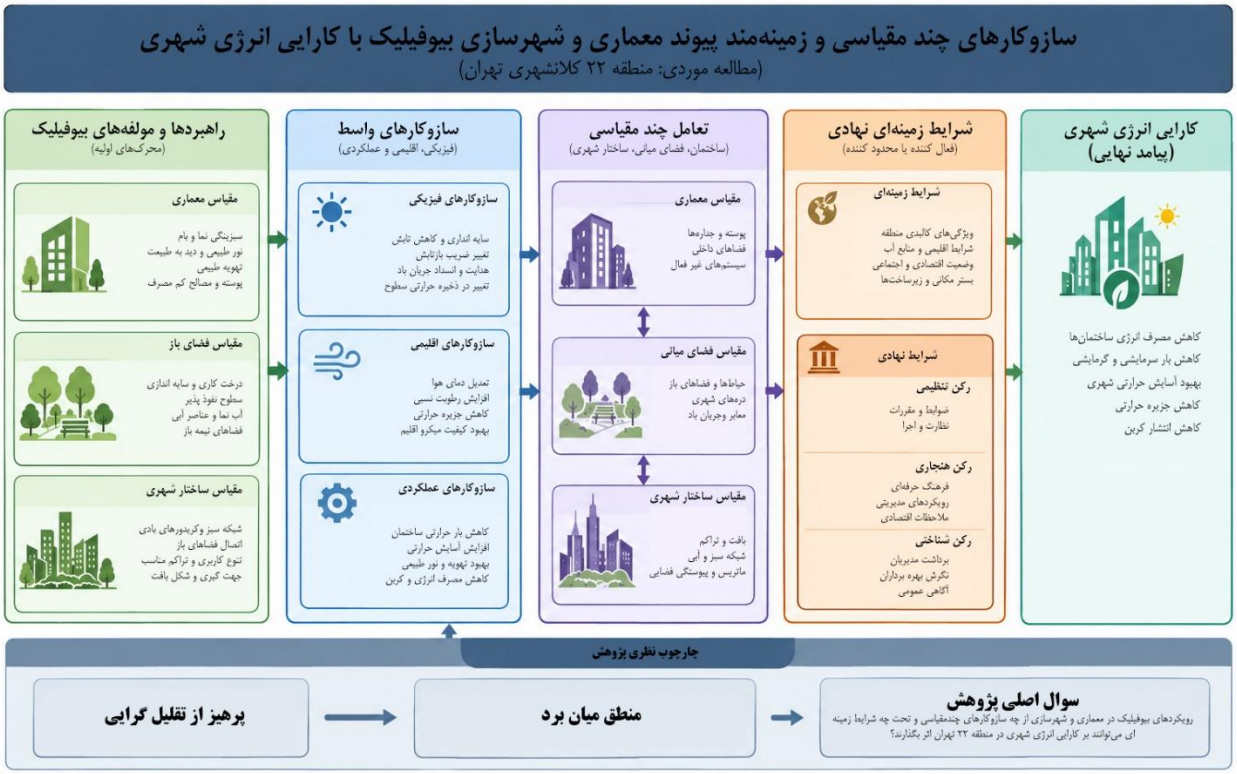
تضعیف بازدهی انرژی منجر می‌شود. از این‌رو، اثرگذاری بیوفیلیا بر انرژی شهری حاصل یک رابطه چندمقیاسی غیرجمع‌پذیر است که در آن، عملکرد مقیاس خرد (پوسته و معماری) به‌شدت وابسته به دینامیک فضای میانی (دره‌های شهری و حیاط‌ها) و سازمان فضایی مقیاس کلان (ماتریس و پیوستگی بافت) است.

با شفاف‌شدن سازوکارهای کالبدی و فضایی، این پرسش بنیادین مطرح می‌شود که چرا ظرفیت‌های ترمودینامیکی و طراحی مطلوب در عمل تحقق نیافته یا پس از استقرار به فرسایش می‌روند. نظریه سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیک (Ostrom,2009) نشان می‌دهد که زیرساخت‌های زیست‌محیطی شهری نوعی منابع با دسترسی مشترک محسوب می‌شوند که تداوم عملکرد آن‌ها وابسته به قواعد کنش جمعی، تخصیص منابع و هماهنگی میان‌کنشگران است. طراحی کالبدی بدون تعبیه رژیم‌های نگهداری و بهره‌برداری، پایداری حرارتی خود را به سرعت از دست می‌دهد. این تبیین در پیوند با نظریه نهادی (Scott,2013) تکمیل می‌شود؛ جایی که موانع و پیش‌ران‌های تحقق مداخلات در قالب سه رکن تفکیک می‌گردند: رکن تنظیمی شامل خلأ ضوابط الزام‌آور در مقررات ملی ساختمان و فقدان استانداردهای الزام‌آور برای یکپارچه‌سازی سامانه‌های غیرفعال طبیعی با سامانه‌های تاسیساتی؛ رکن هنجاری شامل گسست میان جامعه حرفه‌ای معماران و مهندسان تاسیسات و غلبه رویکردهای سوداگرانه کوتاه‌مدت بر پایداری زیست‌اقلیمی؛ و رکن شناختی که در تلقی تزئینی و لوکس مدیران شهری و بهره‌برداران از عناصر طبیعی بازتاب می‌یابد و ماهیت بیوفیلیا را از زیرساخت کاهش بار حرارتی به نمایشی سطحی تقلیل می‌دهد.

از تلفیق این دیدگاه‌ها، نظریه میان‌برد پژوهش حاضر صورت‌بندی می‌شود: پیوند میان رویکردهای بیوفیلیک و کارایی انرژی شهری یک پیامد قطعی، ذاتی یا تک‌مقیاسی نیست؛ بلکه برآیندی زمینه‌مند از زنجیره‌ای پیوسته است که در آن، مداخلات بیوفیلیک در سه مقیاس معماری، فضای میانی و ساختار شهری به‌عنوان محرک‌های اولیه وارد فرایند می‌شوند، از طریق سازوکارهای فیزیکی و اقلیم خرد نظیر هدایت آئرودینامیک باد، تبخیر و تعرق و کنترل تابش فعال می‌گردند، تحت تأثیر روابط و پیکربندی فضایی چندمقیاسی تقویت، تضعیف یا بازتوزیع می‌شوند، و در نهایت میزان تحقق، پایداری و بازده واقعی آن‌ها توسط شرایط نهادی، اقتصادی و بستر اقلیمی تعیین می‌شود.

بر این اساس، در بستر توسعه‌های متراکم و برج‌مرتبه‌ای نظیر منطقه ۲۲ تهران که با چالش‌هایی نظیر محصوریت کریدورهای باد کوهپایه‌ای، تنش شدید منابع آب و ساختار حکمروایی چندپاره مواجه است، طراحی بیوفیلیک تنها زمانی به اهرم کارایی انرژی بدل خواهد شد که راهبردهای آن به‌جای فرم‌گرایی تزیینی، در انطباق با رفتار ترمودینامیکی فضای میانی و تحت قواعد نهادی الزام‌آور برای مدیریت پایدار منابع بازآرایی شوند. این چارچوب نظری، مبنای ساختار مدل مفهومی پژوهش را شکل می‌دهد و با تفکیک دقیق میان محرک‌های کالبدی، سازوکارهای واسط، تعاملات بین‌مقیاسی، پیش‌شرط‌های نهادی و پیامدهای واقعی انرژی، امکان تحلیل تماتیک و ردیابی تجربی این پدیده را بدون سقوط در جبرگرایی کالبدی یا آرمان‌گرایی محیطی فراهم می‌آورد.

juep.net



شکل ۱- مدل نظری پژوهش

۴.روش تحقیق

۱.۴.طرح کلی و نوع پژوهش

چارچوب روش‌شناختی این پژوهش بر اساس استعاره پیاز پژوهش (Saunders et al.,2019) و متناسب با ماهیت چندمقیاسی و میان‌رشته‌ای پیوند میان معماری و شهرسازی بیوفیلیک با کارایی انرژی شهری در منطقه ۲۲ تهران صورت‌بندی گردید. در لایه نخست که به فلسفه پژوهش اختصاص دارد، این مطالعه در پارادایم تفسیری–انتقادی قرار گرفت؛ چراکه تبیین پیوند بیوفیلیا و انرژی، افزون بر محاسبات فیزیکی و ترمودینامیکی، پدیده‌ای وابسته به ادراک زیست‌اقلیمی ساکنان و سازوکارهای فضایی است، و از سوی دیگر ساختار کالبدی و نحوه استقرار بلوک‌های مسکونی در منطقه ۲۲ تهران به‌شدت متأثر از مناسبات اقتصاد سیاسی، منطق رانت زمین و فروش تراکم بوده و واکاوی آن نیازمند لنز انتقادی است (Neuman,2020). اتخاذ پارادایم انتقادی در این پژوهش پیامدهای روش‌شناختی معینی به همراه داشت؛ نخست آنکه پژوهشگر از موضع ناظر بی‌طرف اثبات‌گرایانه فاصله گرفته و موقعیت‌مندی خود و ساختارهای قدرت حاکم بر تولید فضا را در فرآیند پژوهش به رسمیت شناخت. دوم آنکه داده‌های گردآوری‌شده صرفاً بازتاب واقعیت عینی پنداشته نشدند، بلکه به‌مثابه برساخت‌هایی تحلیل شدند که در بستر منافع نهادی و مناسبات هژمونیک مدیریت شهری شکل گرفته‌اند؛ لذا فرآیند استنتاج، فراتر از ثبت تجربیات زیسته، به ساختارزدایی از الگوهای غالب توسعه و نقد انگاره‌های مسلط طبیعت‌گرایی نمایشی و تجاری‌سازی‌شده معطوف گردید.

juep.net

در لایه دوم، بر خلاف رویکردهای قیاسی محض یا استقرای مطلق، رویکرد استدلال پژوهش به‌صورت ربایشی (Abductive) تعیین شد. پژوهشگر با اتکا به حساسیت نظری حاصل از نظریات تراز انرژی اوکه، اکولوژی سیمای سرزمین فورمن و تحلیل نهادی اسکات و آستروم وارد میدان گردید و از طریق رفت‌وبرگشت دیالکتیکی میان داده‌های تجربی مصاحبه‌ها و چارچوب‌های مفهومی، به تبیین پدیده‌های نوظهور و غافلگیرکننده نظیر سازگاری‌های مخرب و تله‌های رطوبتی پرداخت. در لایه سوم، استراتژی مطالعه موردی تبیینی تک‌موردی عمیق اتخاذ شد (Creswell & Poth,2018)؛ زیرا منطقه ۲۲ با دارا بودن هم‌زمان پهنه‌های وسیع طبیعی و دریاچه‌ای در کنار تراکم‌های شدید ساختمانی با نسبت بازشدگی آسمان (SVF) نامتعارف، نمونه‌ای یگانه و بحرانی برای ردیابی تداخلات چندمقیاسی انرژی فراهم می‌آورد. در لایه چهارم، انتخاب روش‌شناختی به‌صورت کیفی تک‌روشی تعیین شد تا از تقلیل‌گرایی سنجش‌های صرفاً عددی به ارقام قبوض انرژی اجتناب گردد و لایه‌های پنهان ساختاری فاش شوند. نهایتاً در لایه پنجم، افق زمانی پژوهش به‌صورت مقطعی تعریف شد و فرآیند پیمایش میدانی و تحلیل متون در بازه زمانی اردیبهشت تا مرداد ۱۴۰۵ به انجام رسید.

جامعه تحلیلی این پژوهش شامل چهار گروه از صاحب‌نظران بود که تخصص‌های معماری پایدار و مدل‌سازی انرژی، طراحی و برنامه‌ریزی شهری، اقلیم‌شناسی شهری و سیاست‌گذاری توسعه کالبدی در منطقه ۲۲ را پوشش می‌دادند. ملاک‌های ورود خبرگان شامل داشتن حداقل مدرک کارشناسی ارشد در رشته‌های یادشده، حداقل ۵ سال سابقه پژوهشی یا مداخله مستقیم در پروژه‌های ساختمانی و طرح‌های توسعه منطقه ۲۲، تسلط بر مبانی اقلیم و کارایی انرژی و انتشار آثار تخصصی در این حوزه تعیین گردید. برای شناسایی و جذب مشارکت‌کنندگان، از روش نمونه‌گیری هدفمند با حداکثر تنوع همراه با تکنیک گلوله‌برفی بهره گرفته شد (Neuman,2020). حجم نمونه بر اساس قاعده اشباع نظری معین شد (Creswell & Poth,2018)؛ به‌نحوی‌که پس از اجرای ۱۵ مصاحبه عمیق، غنای مفهومی کامل حاصل گردید و هیچ مضمون یا بعد ساختاری نوینی پدیدار نشد، اما جهت اطمینان از کفایت شواهد و بازتولیدپذیری الگوها، فرآیند مصاحبه تا ۱۷ نفر ادامه یافت. برای مهار تعارض منافع و مدیریت سوگیری‌های ناشی از تعلقات سازمانی خبرگان، ترکیب نمونه به‌صورت متوازن میان متخصصان بخش خصوصی، پژوهشگران دانشگاهی و کارشناسان بدنه اجرایی و شهرداری تقسیم گردید، اصل بی‌نام‌سازی کامل هویت مصاحبه‌شوندگان به اجرا درآمد و از طریق طرح پرسش‌های چالش‌برانگیز و ارائه سناریوهای بحرانی در جریان گفتگو، از غلبه تعصبات حرفه‌ای نسبت به کارآمدی مطلق طبیعت جلوگیری به عمل آمد.

جدول ۱- ویژگی‌های جمعیت‌شناختی مشارکت‌کنندگان

کد	جنسیت	سطح تحصیلات	سابقه اجرایی و پژوهشی
مصاحبه ۱	مرد	کارشناسی ارشد شهرسازی	کارشناس و پژوهشگر معاونت شهرسازی شهرداری، متخصص در طرح‌های تفصیلی و ضوابط توسعه فضایی
مصاحبه ۲	مرد	کارشناسی ارشد شهرسازی	مهندس مشاور در پروژه‌های برنامه‌ریزی محیطی، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA) و مطالعات توسعه شهری.
مصاحبه ۳	زن	کارشناسی ارشد طراحی شهری	طراح شهری در مهندسین مشاور، پژوهشگر حوزه زیرساخت‌های سبز شهری و طراحی فضاهای همگانی انعطاف‌پذیر.

juep.net

مصاحبه ۴	مرد	کارشناسی ارشد معماری	معمار ارشد پروژه‌های ساختمانی، پژوهشگر حوزه معماری پایدار و شبیه‌سازی عملکرد انرژی در ساختمان.
مصاحبه ۵	زن	دکتری عمران	پژوهشگر و مجری پروژه‌های زیرساخت شهری، متخصص در مدیریت منابع آب شهری و تاب‌آوری زیرساختی.
مصاحبه ۶	مرد	دکتری معماری	عضو هیئت علمی دانشگاه، متخصص در معماری بیوفیلیک، طراحی اقلیمی و ارزیابی استانداردهای ساختمان سبز.
مصاحبه ۷	مرد	دکتری معماری	مدرس دانشگاه و پژوهشگر ارشد در حوزه کارایی انرژی ساختمان و یکپارچه‌سازی سامانه‌های طبیعت‌محور در جداره‌ها.
مصاحبه ۸	مرد	دکتری شهرسازی	تحلیلگر سیاست‌گذاری شهری، پژوهشگر حوزه عدالت فضایی، مورفولوژی شهری و اقتصاد مستغلات با بیش از ۱۵ سال سابقه.
مصاحبه ۹	زن	دکتری شهرسازی	عضو هیئت علمی، متخصص در بوم‌شناسی شهری، اکولوژی سیمای سرزمین و مشاور طرح‌های جامع شهری.
مصاحبه ۱۰	مرد	دکتری معماری	پژوهشگر حوزه معماری متابولیک، تحلیل ترمودینامیک فرم‌های ساختمانی و اثرات خرداقلیمی.
مصاحبه ۱۱	زن	دکتری شهرسازی	مدیر ارشد سابق در حوزه تدوین ضوابط و مقررات شهری، متخصص در حاکمیت شهری و نظام مدیریت زمین.
مصاحبه ۱۲	زن	کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری	تحلیلگر سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)، پژوهشگر مطالعات منطقه‌ای با تمرکز بر گسترش کالبدی منطقه ۲۲ تهران.
مصاحبه ۱۳	زن	دکتری شهرسازی	پژوهشگر و مشاور ارشد پروژه‌های کربن صفر، توسعه مبتنی بر حمل‌ونقل (TOD) و یکپارچگی مقیاس‌های شهری.
مصاحبه ۱۴	زن	کارشناسی ارشد مدیریت شهری	کارشناس ارشد خدمات شهری و محیط‌زیست با سابقه اجرایی در مدیریت نگهداشت فضای سبز و زیرساخت‌های محلی.
مصاحبه ۱۵	زن	دکتری اقلیم‌شناسی (گرایش شهری)	عضو هیئت علمی، متخصص در تحلیل جزایر حرارتی شهری (UHI)، لایه مرزی شهری و شبیه‌سازی سایه باد و خرداقلیم‌ها.
مصاحبه ۱۶	مرد	دکتری معماری (گرایش انرژی)	پژوهشگر ارشد و مشاور در حوزه مدل‌سازی انرژی شهری، بهینه‌سازی مصرف انرژی و تحلیل جریان‌های آیرودینامیک ساختمان.
مصاحبه ۱۷	مرد	دکتری طراحی شهری	عضو هیئت علمی و طراح شهری با سابقه هدایت پروژه‌های طراحی شهری بیوفیلیک، و ارزیابی آسایش حرارتی در فضاهای باز.

ابزار اصلی گردآوری داده‌های اولیه، مصاحبه‌های عمیق نیمه‌ساختاریافته با مدت‌زمان ۵۰ تا ۶۵ دقیقه برای هر جلسه بود که پروتکل آن از طریق ترجمه مستقیم شکاف‌های مفهومی ادبیات نظری به مؤلفه‌های تجربی تدوین گردید. در طراحی این پروتکل، چهار شکاف اساسی شامل نگاه تقلیل‌گرایانه و تزئینی به بیوفیلیا (Wijesooriya & Brambilla,2021)، انزوای مقیاسی و غفلت از ماتریس لکه–راهرو–ماتریس (Forman,1998)، بی‌توجهی به رفتار ترمودینامیکی سطوح در اقلیم نیمه‌خشک (Oke,1988) و فقدان تحلیل ارکان نهادی و کنش جمعی (Ostrom,1990; Scott,2014) مبنا قرار گرفت. سؤالات محوری و پروب‌های کاوشگرانه به‌گونه‌ای سامان یافتند که فرآیند گفتگو زنجیره مداخله کالبدی، سازوکار فیزیکی و روان‌شناختی، تعاملات بین‌مقیاسی، پیامدهای معکوس خرداقلیمی و بستر نهادی–حاکمیتی را به شکلی ساختاریافته مورد

juep.net

کاوش قرار دهد. تمامی جلسات مصاحبه پس از اخذ رضایت آگاهانه و کتبی، به‌صورت صوتی ضبط شده و بی‌درنگ کلمه‌به‌کلمه پیاده‌سازی متنی شدند تا زمینه ورود به فرآیند تحلیل فراهم آید.

جدول ۳- پروتکل و راهنمای مصاحبه عمیق نیمه‌ساختاریافته در پیوند با شکاف‌های نظری

محور مفهومی	هدف عملیاتی مصاحبه	سؤالات محوری مصاحبه	سؤالات تعقیبی و پروب‌های کاوشگرانه
محور ۱: هستی‌شناسی بیوفیلیا و بازتعریف کارایی انرژی	خروج از نگاه تقلیل‌گرایانه (کیلووات‌ساعت و تزئینات بصری) و تعریف بیوفیلیای عملکردی–متابولیک	کارایی انرژی در مقیاس یک منطقه شهری مدرن (مانند منطقه ۲۲) فراتر از ارقام قبوض برق و گاز، چگونه باید بازتعریف شود؟ مرز مفهومی و کالبدی میان بیوفیلیای تزئینی–دکوراتیو و مداخله بیوفیلیک مؤثر بر متابولیسم انرژی چیست؟	چه زمانی المان‌هایی مانند آب‌نما، دیوار سبز یا تراس گیاهی به مصرف‌کننده خالص انرژی تبدیل می‌شوند؟ مفهوم تاب‌آوری انرژی و انرژی نهفته چگونه در این تعریف می‌گنجد؟
محور ۲: مداخلات کالبدی در برابر سازوکارهای واسط فیزیکی	تبیین علّی و ترمودینامیکی فرآیندهای واسط بدون فرض هم‌ارزی خودکار فرم با بازده انرژی	از میان راهبردهای بیوفیلیک در سه مقیاس بنا، فضای میانی و ساختار شهری، کدام مؤلفه‌ها پتانسیل مستقیم تغییر بار حرارتی را دارند؟ عناصر طبیعی از طریق چه زنجیره‌ای از سازوکارهای فیزیکی و ترمودینامیکی تقاضای انرژی را در منطقه ۲۲ تعدیل می‌کنند؟	پوشش گیاهی و مصالح متخلخل چه تغییری در دمای تابشی میانگین و شار حرارتی ایجاد می‌کنند؟ فرآیند تبخیر و تعرق و سرمایش نهان در اقلیم نیمه‌خشک تهران تا چه عمقی از پوسته بنا اثرگذار است؟
محور ۳: بعد پدیدارشناختی سکونت و آسایش تطبیقی	کاوش در واسطه‌گری رفتاری و روانی در تقلیل بار برودتی و حرارتی	ادراک حسی و تماس بصری–روانی ساکنان با عناصر طبیعی چگونه می‌تواند به کاهش تقاضای واقعی انرژی مکانیکی بینجامد؟	آیا کیفیت زیست‌اقلیمی فضا می‌تواند آستانه تحمل حرارتی ساکنان برج‌ها را تغییر دهد؟ چه شواهدی از به تعویق انداختن استارت سیستم‌های سرمایشی بر اثر آسایش روان‌شناختی وجود دارد؟
محور ۴: برهم‌کنش‌های چندمقیاسی و الگوی لکه–راهرو–ماتریس	کشف نحوه هم‌افزایی یا تداخل اثرات انرژی میان مقیاس تک‌بنا، فضای میانی و ساختار شهری	چگونه سازمان فضایی و پیوستگی شبکه‌ای پهنه‌های سبز و آبی، اثرات خنک‌کنندگی را از مقیاس کلان به درون ساختمان‌ها پمپاژ می‌کند؟ چرا کارایی انرژی یک تک‌ساختمان پایدار در انزوای اکولوژیک قابل سنجش نیست و مقیاس میانی چه نقشی در این بین دارد؟	الگوی آبشاری ترمودینامیکی میان دریاچه چیتگر–بوستان‌ها و بلوک‌های مسکونی چگونه برقرار می‌شود؟ اثر حرارتی دفع‌شده از برج‌های مجاور چه تأثیری بر میکروکلیمای تک‌بنا دارد؟
محور ۵: شرایط زمینه‌ای، تناقضات مورفولوژیک و سازگاری مخرب	شناسایی شرایط مرزی، تعارض‌های فصلی و پیامدهای منفی و معکوس بیوفیلیا بر انرژی	ویژگی‌های خاص مورفولوژی منطقه ۲۲ (فرم باز، برج‌های منفرد، معابر عریض، SVF بالا) چه فرصت‌ها و تهدیدهایی برای راهبردهای بیوفیلیک ایجاد می‌کند؟ در چه شرایطی یک مداخله بیوفیلیک نه‌تنها مصرف انرژی را کم نمی‌کند، بلکه به پیامد معکوس یا سازگاری مخرب منجر می‌شود؟	کاشت متراکم گیاهان در دهانه‌های بادگیر یا کریدورهای ونتوری میان برج‌ها چه اثری بر تهویه طبیعی و دمای حباب مرطوب دارد؟ تعارض سایه‌اندازی مطلوب تابستان با دریافت نور روز و تابش زمستان چگونه بروز می‌یابد؟
محور ۶: محدودیت‌های زیرساختی و ظرفیت برد اکولوژیک	سنجش هم‌بست آب–انرژی و موانع فیزیکی پیوند خاک و پوشش گیاهی در منطقه ۲۲	ضوابط کالبدی متداول در منطقه ۲۲ (به‌ویژه ساخت پارکینگ‌های زیرسطحی طبقاتی) چه تعارضی با عملکرد زیرساخت بیوفیلیک دارند؟ باتوجه به اقلیم نیمه‌خشک و بحران آب در منطقه ۲۲، راهبردهای بیوفیلیک چگونه از مرز پایداری عبور کرده و به تله اکولوژیک بدل می‌شوند؟	قطع ارتباط خاک سطحی با خاک عمیق ناشی از گودبرداری ۱۰۰ درصدی چه پیامدی بر خنک‌سازی محوطه دارد؟ بدون بازچرخانی آب خاکستری، آب مورد نیاز پوشش‌های گیاهی چه بار انرژی مضاعفی به شبکه تحمیل می‌کند؟
محور ۷: ارکان نهادی، اقتصاد سیاسی فضا و تنظیم‌گری	تبیین موانع اجرایی، منطق سوداگری زمین و خلأهای نظارتی در جهت تحقق کارایی انرژی	ارکان نهادی (تنظیمی، هنجاری و شناختی) و قواعد کنش جمعی حاکم بر مدیریت برج‌ها، چگونه مانع تحقق یا تداوم کارایی انرژی این سامانه‌ها می‌شوند؟	خلأ مقررات عملکردمحور در شهرداری و نظام مهندسی چیست و آیا الزام شبیه‌سازی اقلیمی پیش از پروانه (CFD) ضرورت دارد؟

juep.net

جهت تضمین کیفیت، اعتمادپذیری و استحکام علمی پژوهش، معیارهای چهارگانه لینکلن و گوبا (۱۹۸۵) پیاده‌سازی گردید. در بعد اعتبارپذیری، راهبرد بازبینی توسط مشارکت‌کنندگان به اجرا درآمد و خروجی استخراج کدها و تفاسیر مضمونی به ۵ نفر از خبرگان کلیدی (شامل کدهای ۴P، ٦P، ۸P، ۱۰P و ۱۶P) بازگردانده شد و تطابق کامل آن با واقعیات تجربی مورد تأیید قرار گرفت؛ افزون بر آن، نشست‌های گزارش‌دهی و ارزیابی موازی با دو پژوهشگر مسلط به روش تحقیق کیفی صورت پذیرفت. انتقال‌پذیری پژوهش از طریق نگارش توصیف غنی و فربه از مختصات کالبدی، ساختار مورفولوژیک منطقه ۲۲ و زمینه اقلیمی تحقق یافت تا امکان ارزیابی چارچوب در بوم‌های مشابه فراهم باشد. برای احراز اتکاپذیری، زنجیره مستندسازی گام‌به‌گام شامل متن مصاحبه‌ها، دستورالعمل‌های کدگذاری، یادداشت‌های فنی و ردپای حسابرسی فرآیند گردآوری و تحلیل داده‌ها تدوین و حفظ شد. در سنجش تأییدپذیری و پایایی کدگذاری، ۲۰ درصد از متون پیاده‌سازی‌شده در اختیار یک کدگذار مستقل و خارج از تیم تحقیق قرار گرفت و ضریب توافق هولستی محاسبه گردید که ضریب توافق حاصل‌شده برابر با ۰/۸۸ به دست آمد که حاکی از پایایی بین‌کدگذاران در سطحی بسیار مطلوب است و کدهای ناهمسو نیز طی جلسات بازبینی تحلیلی، تعدیل و یکدست شدند.

در کنار معیارهای یادشده و در راستای تحقق پیامدهای روش‌شناختی پارادایم تفسیری–انتقادی، اصل بازتاب‌پذیری روش‌شناختی و معرفت‌شناختی پژوهشگر به‌عنوان رکنی محوری در سرتاسر فرآیند تحقیق به کار بسته شد. از حیث موقعیت‌مندی، پژوهشگر به پیش‌داوری‌ها و تعلقات رشته‌ای خود در حوزه طراحی و برنامه‌ریزی شهری واقف بود؛ تعلقی که می‌توانست به‌طور ناخودآگاه فرضیه اثربخشی مثبت و ذاتی عناصر بیوفیلیک بر کارایی انرژی را تقویت کند. برای مهار این سوگیری هنجاری و حفظ موضع انتقادی، از رویکرد خودبازتابی نقادانه در قالب دفترچه یادداشت‌های بازتابی بلافاصله پس از هر مصاحبه استفاده شد تا تأثیر پیش‌فرض‌های نظری پژوهشگر، سوگیری‌های ناشی از تعلقات سازمانی مشارکت‌کنندگان (مانند سوگیری تکنوکراتیک کارشناسان شهرداری یا منافع انبوه‌سازان) و نحوه اثرگذاری تعامل محقق–مشارکت‌کننده بر تولید داده‌ها ثبت و واسازی شود. علاوه بر این، در فرآیند تحلیل و تفسیر داده‌ها، راهبرد جستجوی نظام‌مند موارد منفی و شواهد نقض‌کننده پیاده گردید؛ بدین معنا که فرضیات رایج درباره کارآمدی مطلق طبیعت‌محوری به‌صورت مداوم به چالش کشیده شد و ابعاد تاریک یا معکوس مداخلات بیوفیلیک (نظیر تله‌های حرارتی–رطوبتی ناشی از بادپناه شدن معابر، افزایش بارهای سرمایشی به سبب رطوبت کنترل‌نشده، پدیده گرین‌واشینگ و بازتولید نابرابری‌های حرارتی در سایه رانت ساخت‌وساز) به‌طور مستقل کدگذاری و در ساختار مضامین تلفیق شدند تا از یک‌سویه‌نگری و تقلیل پژوهش به روایتی توجیه‌گرانه از بیوفیلیا جلوگیری شود.

تحلیل داده‌های متنی طی ماه‌های خرداد و تیر ۱۴۰۵ بر اساس الگوی شش‌مرحله‌ای تحلیل تماتیک برون و کلارک (۲۰۰۶) و توأم با تدقیق مرزهای مفهومی طبق معیارهای پاتون (۱۹۹۰) صورت پذیرفت. این فرآیند با غوطه‌وری کامل در داده‌ها و

juep.net

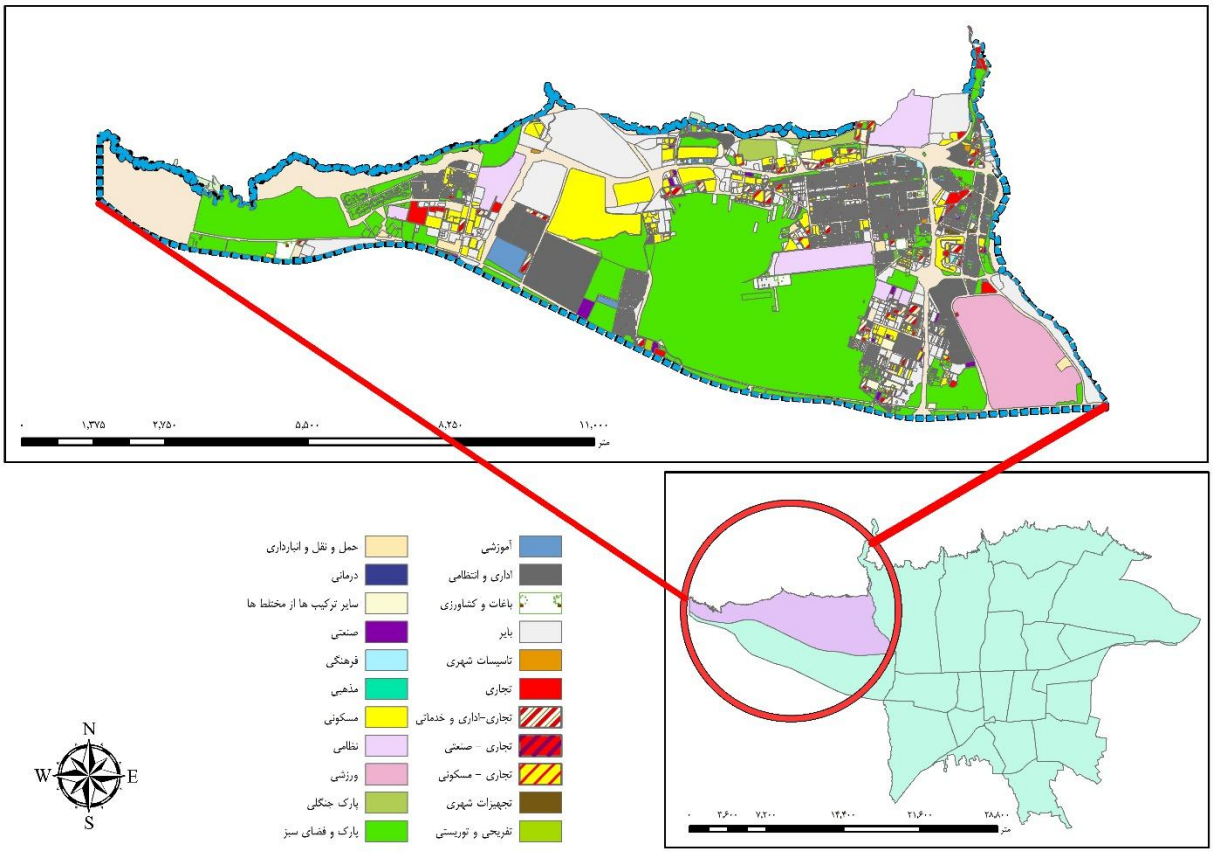
مطالعه چندباره متن ۱۷ مصاحبه آغاز شد. در گام دوم، فرآیند کدگذاری باز صورت گرفت که به شناسایی ۶۵ کد اولیه پیرامون ابعاد کالبدی، ترمودینامیکی، رفتاری و نهادی انجامید. در گام سوم، تم‌های فرعی بر اساس شباهت‌های معنایی خوشه‌بندی شدند. در گام چهارم، با اعمال معیارهای تجانس درونی و تمایز بیرونی پاتون، تم‌ها مورد بازنگری اساسی قرار گرفتند؛ به‌طوری‌که کدهای ناظر بر مداخلات کالبدی به‌دقت از سازوکارهای فیزیکی و ترمودینامیکی انتقال حرارت تفکیک گردیدند، مفاهیم مربوط به پیامدهای معکوس و تله‌های زیست‌اقلیمی در بطن شرایط مورفولوژیک بستر ادغام شدند، و مقوله اقتصاد سیاسی و سوداگری زمین از مقوله تنظیم‌گری و مدیریت اجرایی تفکیک شد که حاصل این بازآرایی، استخراج ۱۴ تم فرعی منسجم بود. در گام پنجم، تم‌های فرعی در قالب ۳ تم اصلی و فراگیر شامل راهبردها و سازوکارهای چندمقیاسی کالبدی–محیطی، بستر مورفولوژیک، هم‌بست بوم‌شناختی و پیامدهای معکوس و اقتصاد سیاسی فضا، ارکان نهادی و تنظیم‌گری عملکردمحور نام‌گذاری و یکپارچه شدند. در گام ششم، گزارش تحلیلی با تلفیق ساختاریافته استنادات تجربی مشارکت‌کنندگان و مبانی نظری ربایشی تدوین گردید. جهت مدیریت نظام‌مند پایگاه داده‌های متنی، اجرای مراحل کدگذاری باز و محوری، یادداشت‌گذاری تحلیلی و ترسیم ماتریس کدهای تماتیک، از نرم‌افزار MAXQDA نسخه ۲۰۲۲ استفاده شد و برای تدوین ماتریس‌های مقایسه‌ای و محاسبات آماری ضریب توافق هولستی، نرم‌افزار Microsoft Excel نسخه ۲۰۲۱ به‌کار رفت.

۲.۴.قلمرو مکانی

قلمرو مکانی این پژوهش، منطقه ۲۲ شهرداری تهران است که به عنوان منتهی‌الیه غربی کلان‌شهر تهران و در مجاورت دامنه‌های جنوبی البرز و دریاچه شهدای خلیج فارس قرار دارد. این منطقه با برخورداری از وسعتی حدود ۶۲۰۰ هکتار، یکی از پهنه‌های اصلی توسعه کالبدی تهران در دهه‌های اخیر به شمار می‌رود که به دلیل داشتن اراضی وسیع بکر، تراکم جمعیتی نسبتاً پایین در مقایسه با مناطق مرکزی و سهم قابل‌توجه کاربری‌های مسکونی، سبز و گردشگری، به عنوان یک بستر بالقوه برای مداخلات برنامه‌ریزی‌شده شهری شناخته می‌شود. الگوی توسعه کالبدی در این منطقه در عمل عمدتاً مبتنی بر بلندمرتبه‌سازی، برجسازی و اجرای پروژه‌های بزرگ‌مقیاس مسکونی بوده است؛ این الگوی ساخت‌وساز اگرچه متکی بر شیوه‌های نوین کالبدی و استفاده از مصالح صنعتی است، اما به دلیل تمرکز بر واحدهای سرمایه‌ای و لوکس و افزایش سوداگری زمین، چالش‌هایی را در زمینه عدالت فضایی و دسترسی به مسکن مقرون‌به‌صرفه ایجاد کرده است. با این حال، ویژگی‌هایی نظیر مقیاس بزرگ قطعات تفکیکی، دسترسی مناسب به زیرساخت‌های حمل‌ونقل شریانی و امکان ساخت صنعتی، ظرفیت‌های بی‌بدیلی را برای به کارگیری فناوری‌های نوین ساخت‌وساز از جمله سیستم‌های پیش‌ساخته، چاپ سه‌بعدی و فناوری‌های بهینه انرژی فراهم آورده است که پتانسیل بالایی در کاهش زمان ساخت، هزینه‌های نهایی و مصرف انرژی در مقیاس مسکن دارند.

چرایی انتخاب منطقه ۲۲ تهران به عنوان نمونه مطالعاتی این پژوهش را می‌توان در سه استدلال کلیدی تبیین کرد که کاملاً با اهداف تبیین مدل ساختاری اثرات یکپارچه معماری و شهرسازی بیوفیلیک بر کارایی انرژی همپوشانی دارد. نخست، این منطقه به دلیل همجواری همزمان با پهنه‌های بزرگ طبیعی نظیر پارک‌های جنگلی چیتگر، خرگوش‌دره، لتمال‌کن و دریاچه شهدای خلیج فارس از یک سو، و بافت‌های متراکم و بلندمرتبه مسکونی مدرن از سوی دیگر، نمونه‌ای بی‌نظیر از تداخل

مرزهای طبیعت و محیط انسان‌ساخت است؛ این ویژگی، بستر تجربی فوق‌العاده‌ای را برای سنجش همزمان مؤلفه‌های شهرسازی بیوفیلیک (دالان‌های سبز، پیوند با زیرساخت‌های آبی و طبیعی) و معماری بیوفیلیک (طراحی برج‌ها با رویکرد دریافت نور طبیعی، تهویه طبیعی و ادغام پوشش گیاهی در کالبد ساختمان) فراهم می‌کند. دوم، تراکم بالای جمعیت در مجتمع‌های مسکونی بلندمرتبه این منطقه، تقاضای انباشته و متمرکزی را برای مصرف انرژی‌های فسیلی و الکتریکی ایجاد کرده است؛ در نتیجه، هرگونه مداخله مبتنی بر فناوری‌های نوین ساخت و اصول طراحی بیوفیلیک در این مقیاس بزرگ‌مقیاس، اثربخشی ملموس و قابل‌اندازه‌گیری در کاهش مصرف بار انرژی کل منطقه خواهد داشت و توجیه فنی و اقتصادی پروژه‌های پایلوت بهینه‌سازی انرژی را تضمین می‌کند. سوم و مهم‌تر از همه، تقابل فضایی میان سیمای خشن و خاکستری برج‌های مسکونی مدرن و پهنه‌های تفرجگاهی و طبیعی منطقه، یک محرک قوی برای سنجش متغیرهای میانجی پژوهش، یعنی کیفیت روانی–محیطی و رفتار شهروندان است؛ به طوری که می‌توان بررسی کرد چگونه تماس بصری و فیزیکی با عناصر بیوفیلیک در این منطقه، از طریق ترمیم توجه و کاهش استرس شهروندان، به تغییر سبک زندگی و تقویت رفتارهای داوطلبانه صرفه‌جویی در مصرف انرژی منجر می‌شود. از این‌رو، مطالعه منطقه ۲۲ به عنوان یک آزمایشگاه زنده شهری، امکان آزمون تجربی مدل ساختاری زنجیره‌ای پژوهش را برقرار می‌سازد و نتایج آن می‌تواند به عنوان یک الگوی سیاستی و اجرایی جهت بهبود کارایی انرژی و ارتقای کیفیت زندگی، به سایر مناطق تهران و کلان‌شهرهای کشور تعمیم یابد.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

۵.یافته‌ها

تحلیل داده‌های کیفی در این پژوهش با اتکا بر رویکرد نظام‌مند تحلیل مضمون مبتنی بر الگوی شش‌مرحله‌ای برون و کلارک (۲۰۰۶) انجام پذیرفت. هدف از این روش، شناسایی، تحلیل و گزارش الگوهای معنایی (تم‌ها) درون داده‌ها بود تا از این طریق، سازوکارهای چندمقیاسی پیوند معماری و شهرسازی بیوفیلیک با کارایی انرژی شهری در منطقه ۲۲ تهران مفهوم‌سازی شود. فرایند اجرایی این مراحل نخست به شرح زیر است:

۱.۵.مرحله اول: آشنایی با داده‌ها

در گام نخست، محقق به‌منظور غوطه‌وری در داده‌ها، متون پیاده‌سازی‌شده از ۱۷ مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با خبرگان و متخصصان را چندین بار مورد مطالعه عمیق قرار داد. در این مرحله، یادداشت‌برداری‌های اولیه از مفاهیم تکرارشونده و ایده‌های کلیدی مرتبط با سازوکارهای خرداقلیمی، چالش‌های نهادی–اقتصادی، و ظرفیت‌ها یا محدودیت‌های کالبدی منطقه ۲۲ انجام شد تا درک جامعی از بستر داده‌ها حاصل گردد.

۲.۵.مرحله دوم: کدگذاری اولیه

تولید کدهای اولیه به‌صورت استقرایی و خط‌به‌خط انجام شد. در این مرحله، بخش‌های معنادار متن که مستقیماً یا به‌طور ضمنی به سازوکارهای انرژی‌محور بیوفیلیا، موانع کالبدی، ظرفیت‌های اکولوژیک و اقتصاد سیاسی فضا اشاره داشتند، استخراج شده و به آن‌ها برچسب‌های مفهومی (کد) اختصاص یافت. در این فرآیند، از تقلیل داده‌های خام حاصل از ۲۶۱ نقل‌قول مستقیم، در مجموع ۶۵ کد اولیه نظیر تغییر در دمای تابشی میانگین (MRT)، آسایش تطبیقی به‌عنوان سازوکار عملکردی، انسداد جریان باد توسط پوشش گیاهی و تأمین ۱۰۰ درصدی پارکینگ زیرسطحی استخراج گردید. جدول شماره ۲ پژوهش نشان می‌دهد که چگونه نقل‌قول‌های مستقیم از مصاحبه‌ها، از طریق فرآیند کدگذاری استقرایی به مفاهیم خرد متصل شده‌اند.

۳.۵.مرحله سوم: جستجوی تم‌ها

پس از استخراج کدهای اولیه، فرآیند خوشه‌بندی کدهای دارای قرابت معنایی آغاز شد. کدهایی که حول یک محور مفهومی مشترک قرار داشتند، در قالب ۱۴ تم فرعی تجمیع شدند. تمرکز این مرحله بر یافتن الگوهای کلان‌تر و شبکه‌سازی میان مفاهیم بود؛ به‌گونه‌ای که برای مثال، کدهای مرتبط با اقتصاد سیاسی و منطق مستغلات، حکمرانی جزیره‌ای و لزوم شبیه‌سازی اقلیمی پیش از صدور مجوز، همگی تحت چتر تم فرعی اقتصاد سیاسی، حکمرانی و تنظیم‌گری تحقق مداخلات بیوفیلیک سازمان‌دهی شدند. همچنین کدهای ناظر بر انسداد جریان باد، تشدید جزیره حرارتی شبانه و حبس رطوبت در تم فرعی پیامدهای معکوس، تعارض‌های فصلی و سازگاری مخرب بیوفیلیک دسته‌بندی گردیدند تا مسیر برای تبیین تم‌های اصلی و جامع در مراحل بعدی هموار شود.

جدول ۲- شناسایی تم‌های فرعی

juep.net

نقل قول مستقیم	کد اولیه	تم فرعی
مصاحبه ۲: کارایی انرژی شهری مفهومی تقلیل‌گرایانه محدود به قبض برق ساختمان‌ها نیست. مصاحبه ۲: انرژی نهفته (Embodied Energy) در مصالح کالبدی و زیرساخت‌های شهری. مصاحبه ۵: کارایی انرژی شهری دیگر یک مفهوم خطی و ایستا (کاهش کیلووات‌ساعت مصرفی) نیست، بلکه به‌صورت تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری انرژی (Energy Resilience & Flexibility) تعریف می‌شود. مصاحبه ۷: در رویکرد مبتنی بر متابولیسم شهری و اقتصاد رفتاری، کارایی انرژی شهری صرفاً یک مسئله مهندسی در تقلیل بار برودتی/حرارتی نیست. مصاحبه ۱۳: مهم‌ترین ابعاد آن شامل بهینه‌سازی بار سرمایشی/گرمایشی، کاهش اثر جزیره گرمایی (UHI) و به حداقل رساندن انرژی نهفته در زیرساخت‌هاست.	چندبعدی بودن کارایی انرژی شهری انرژی عملیاتی به‌عنوان مؤلفه کارایی شهری؛ انرژی نهفته و چرخه حیات؛ انرژی جابه‌جایی به‌عنوان جزء کارایی شهری؛ کارایی انرژی به‌مثابه تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری؛ کیفیت انرژی و اگزرژی.	بازتعریف کارایی انرژی شهری به‌مثابه یک مفهوم چندبعدی و سیستمیک
مصاحبه ۶: مداخلات بیوفیلیک زمانی دارای پیامد انرژی هستند که از سطح زیبایی‌شناسی بصری به سطح عملکرد ترمودینامیکی ارتقا یابند. مصاحبه ۱۰: مداخلات بیوفیلیک مؤثر بر انرژی، مداخلاتی هستند که از سطح تزئینات بصری فراتر رفته و به عنوان زیرساخت‌های متابولیک عمل کنند. مصاحبه ۱۳: مداخلات بیوفیلیک دارای پیامد انرژی، آن‌هایی هستند که به عنوان بافرهای خرداقلیمی (Microclimatic Buffers) عمل می‌کنند، نه صرفاً عناصر زیبایی‌شناختی. مصاحبه ۱۵: از منظر من، هر مداخله بیوفیلیک پیامد انرژی ندارد. مصاحبه ۱۶: در مقابل، مؤلفه‌هایی مانند آب‌نماهای تزئینیِ نیازمند پمپاژ، یا دیوارهای سبز وسیعِ متصل به شبکه آب شهری، ارتباطی با کارایی انرژی ندارند و در تحلیل نهایی، مصرف‌کننده انرژی هستند.	بیوفیلیا به‌مثابه مداخله عملکردی؛ تمایز مؤلفه‌های انرژی‌زا از عناصر تزئینی؛ زیرساخت بیوفیلیک مولد در برابر مصرفی.	انرژی‌محور شدن بیوفیلیا و تمایز آن از بیوفیلیای تزئینی و مصرفی
مصاحبه ۱: در مقیاس ساختمان، بام‌ها و نماهای سبز، آتریوم‌های گیاه‌دار و سایه‌بان‌های بیومورفیک مؤثرند. مصاحبه ۲: در مقیاس ساختمان، بام‌ها و نماهای سبز نقش عایق و سایه‌بان را دارند. مصاحبه ۱۱: احیای نفوذپذیری خاک در منطقه ۲۲ باید پیش‌شرط هرگونه توسعه بیوفیلیک و انرژی‌محور باشد. مصاحبه ۱۲: در مقیاس ساختمان، بام‌های سبز عمیق و فضاهای واسط نیمه‌باز (مثل ایوان‌های سبز عمیق) که از تابش مستقیم جلوگیری می‌کنند، مؤثرند. مصاحبه ۱۵: درختان باید این سطوح را سایه کنند تا دمای هوای مجاور زمین کاهش یابد. مصاحبه ۱۶: بام‌ها و نماهای سبز (مقیاس خرد) زمانی می‌توانند کارایی انرژی داشته باشند که در بستر یک شبکه خنک‌کننده شهری (مقیاس کلان) قرار گیرند.	پوشش گیاهی به‌عنوان راهبرد سایه‌اندازی؛ بام‌ها و نماهای سبز به‌عنوان مداخله معماری؛ آب به‌عنوان عنصر خنک‌کننده و حرارتی؛ خاک عمیق به‌عنوان زیرساخت بیوفیلیک؛ سطوح نفوذپذیر و بوم‌شناختی؛ کریدورهای سبز و بادگیر؛ زیرساخت سبز–آبی پیوسته؛ منظرپردازی خشک و گیاهان بومی.	راهبردها و مؤلفه‌های کالبدی–طبیعی بیوفیلیک در مقیاس‌های مختلف
مصاحبه ۱: همچنین با سایه‌اندازی، تشعشع مستقیم خورشید را مسدود کرده و دمای تابشی میانگین (MRT) در فضای باز و جذب حرارت در پوسته ساختمان را تقلیل می‌دهند. مصاحبه ۸: پوشش گیاهی از طریق سایه‌اندازی (جلوگیری از جذب موج‌کوتاه خورشیدی توسط سطوح سخت). مصاحبه ۱۱: در این میان، سازوکار واسط و حیاتی، تغییر در دمای تابشی میانگین (MRT - Mean Radiant Temperature) است. مصاحبه ۱۳: سه مکانیزم فیزیکی تبدیل گرمای محسوس به گرمای نهان از طریق تبخیر و تعرق (Evapotranspiration) مصاحبه ۱۴: فرم باز به تنهایی باعث تابش شدید خورشید بر سطوح سخت می‌شود؛ بیوفیلیا در اینجا باید مانند یک سپر حرارتی عمل کند. مصاحبه ۱۵: مداخله کالبدی بیوفیلیک از طریق تغییر شرایط مرزی (Boundary Conditions) عمل می‌کند.	تعدیل خرداقلیم به‌عنوان سازوکار واسط؛ تبخیر و تعرق و سرمایش تبخیری؛ سایه‌اندازی و کاهش بار تابشی؛ MRT به‌عنوان متغیر واسط؛ تهویه طبیعی به‌عنوان مسیر کاهش انرژی؛ تغییر موازنه انرژی سطح؛ تغییر شرایط مرزی و لایه مرزی؛ دمای سطح و پیش‌خنک‌سازی هوا؛ هدایت و کانالیزه کردن جریان باد.	سازوکارهای فیزیکی و خرداقلیمی واسط میان بیوفیلیا و عملکرد انرژی

juep.net

juep.net

نقل قول مستقیم	کد اولیه	تم فرعی
مصاحبه ۹: سازوکار واسط در اینجا تنها فیزیک حرارت نیست، بلکه سازگاری حسی و پدیدارشناختی (Phenomenological Adaptation) است. مصاحبه ۱۰: پوشش گیاهی و سایه، آستانه تحمل حرارتی ساکنان را از نظر روانی و فیزیولوژیک تغییر می‌دهند. مصاحبه ۱۲: کارایی انرژی شهری ... به معنای کاهش نیاز به انرژی مکانیکی از طریق ایجاد آسایش تطبیقی (Adaptive Comfort) است. مصاحبه ۱۲: مسیر سوم که اغلب نادیده گرفته می‌شود، روان‌شناختی و آسایش تطبیقی است. مصاحبه ۱۴: سازوکار واسط در اینجا، مدل آسایش تطبیقی (Adaptive Thermal Comfort) در کنار فیزیک محیط است. مصاحبه ۱۶: مکانیزم بسیار مهم دیگری که اغلب نادیده گرفته می‌شود، سازگاری روان‌شناختی–حرارتی (Psychological-Thermal Adaptation) است.	آسایش تطبیقی به‌عنوان سازوکار عملکردی؛ کاهش نیاز به انرژی مکانیکی از مسیر آسایش.	آسایش تطبیقی و سازوکارهای رفتاری مؤثر بر تقاضای انرژی
مصاحبه ۴: این سازوکارها به‌هیچ‌وجه خطی نیستند و کاملاً به شرایط و محیط وابسته‌اند. مصاحبه ۸: اما این سازوکارها خطی نیستند و به شدت به زمینه وابسته‌اند. مصاحبه ۱۰: این سازوکارها بسیار به شرایط مرزی وابسته‌اند. مصاحبه ۱۳: با این حال، این سازوکارها بسیار حساس و زمینه‌محور هستند.	زمینه‌مند و غیرخطی بودن سازوکارها	زمینه‌مندی و غیرخطی بودن عملکرد راهبردهای بیوفیلیک
مصاحبه ۸: اگر ما در دهانه‌های تنگ میان دو برج (Venturi Effect) درختان متراکم و پهن‌برگ بکاریم، جریان باد را مسدود کرده‌ایم. مصاحبه ۸: نتیجه این مداخله، حبس رطوبت ناشی از تعرق گیاهان در یک فضای راکد است که باعث افزایش شدید دمای حباب مرطوب (Wet-bulb Temperature) می‌شود. مصاحبه ۱۱: اگر در مجاورت بلافصل دریاچه چیتگر ... جنگل‌کاری متراکم با درختان پهن‌برگ صورت گیرد، این درختان جریان نسیم دریاچه (Lake Breeze) را مسدود کرده مصاحبه ۱۳: اگر در یک تنگه بادی (Venturi Effect) بین دو برج در منطقه ۲۲، تراکم بیش از حدی از درختان پهن‌برگ ایجاد کنیم، این توده گیاهی مانند یک سد آیرودینامیک عمل کرده و تهویه طبیعی را مختل می‌کند. مصاحبه ۱۵: اگر درختکاری متراکم در مسیر بادهای غربی–شرقی یا در دهانه‌های باریک بین برج‌ها انجام شود، سرعت باد افت می‌کند.	انسداد جریان باد توسط پوشش گیاهی؛ حبس رطوبت و افزایش دمای حباب مرطوب؛ تشدید جزیره حرارتی شبانه؛ پیامد معکوس انرژی؛ سایه‌اندازی نامطلوب و تعارض فصلی؛ *Wake*، *Wind Shadow* و *Downwash*	پیامدهای معکوس، تعارض‌های فصلی و سازگاری مخرب بیوفیلیک
مصاحبه ۵: یک ساختمان منفرد، یک سیستم ترمودینامیکی نسبتاً بسته است ... اما یک ناحیه شهری، یک سیستم باز و پیچیده است. مصاحبه ۱۳: یک ساختمان منفرد یک سیستم ترمودینامیکی بسته فرض می‌شود. مصاحبه ۱۶: یک ساختمان به صورت مجزا یک سیستم بسته فرض می‌شود، اما در مقیاس ناحیه، ما با یک اکوسیستم حرارتی روبه‌رو هستیم. مصاحبه ۱۷: بنابراین، یک ساختمان با گواهینامه LEED در یک بافت متراکم با جزیره حرارتی شدید، ممکن است در عمل بسیار پرمصرف‌تر از یک ساختمان معمولی در یک بافت باز با تهویه طبیعی مطلوب عمل کند.	ساختمان و ناحیه به‌عنوان سیستم‌های متفاوت؛ عدم جمع‌پذیری عملکرد انرژی ساختمان‌ها؛ اثرات متقابل و هم‌افزایی بین مقیاس‌ها؛ اثرگذاری متقابل گرمای دفع‌شده؛ نقش واسط مقیاس میانی.	تعامل سیستمی و هم‌افزایی میان مقیاس‌های ساختمان، فضای میانی و ناحیه
مصاحبه ۱: شبکه‌سازی اکولوژیک باعث پیوستگی سایه، تداوم جریان هوای خنک و پایداری خرداقلیم می‌شود. مصاحبه ۴: پیوستگی فضایی عناصر بیوفیلیک، جریان پیوسته هوای خنک و پایداری خرداقلیم را تضمین می‌کند. مصاحبه ۵: رابطه میان مقیاس‌ها به‌صورت یک آبشار ترمودینامیکی (Thermodynamic Cascade) است. مصاحبه ۱۱: هوای خنک و پاک باید از مقیاس کلان (دریاچه و کوهستان) وارد ساختار شهری شود، توسط فضای سبز میانی فیلتر و خنک‌تر شود و در نهایت به پاکت ساختمان (Building Envelope) برسد. مصاحبه ۱۲: راهبردهای بیوفیلیک لزوماً باید شبکه‌ای اجرا شوند تا آبشار خنک‌کنندگی (Cooling Cascade) از مقیاس کلان به خرد جریان یابد.	پیوستگی شبکه‌ای و اتصال مکانی؛ آبشار انتقال اثر از کلان به خرد؛ الگوی Patch–Corridor–Matrix؛ مداخلات منفرد در برابر مداخلات شبکه‌ای.	پیوستگی شبکه‌ای و انتقال آبشاری اثرات بیوفیلیک میان مقیاس‌ها

juep.net

juep.net

نقل قول مستقیم	کد اولیه	تم فرعی
مصاحبه ۷: پارادوکس کالبدی است: فرم باز خورشیدپذیر، با پتانسیل بادرانی بالا. مصاحبه ۹: دریاچه چیتگر یک سینک حرارتی کلان است که می‌تواند نسیم خنکی (Lake Breeze) در طول روز تولید کند. مصاحبه ۱۰: فرم باز، SVF (ضریب دید آسمان) بسیار بالا و فاصله زیاد بلوک‌ها در منطقه ۲۲، یک شمشیر دو لبه است. مصاحبه ۱۱: فرم باز، بلوک‌های منفرد بلندمرتبه و معابر بسیار عریض در منطقه ۲۲ باعث شده‌اند تا این منطقه دارای بالاترین پتانسیل برای دریافت تابش خورشیدی (افزایش بار سرمایشی) و در عین حال بالاترین پتانسیل برای کوران هوا باشد. مصاحبه ۱۳: مجاورت با دریاچه چیتگر و پارک‌های لتمال کن و چیتگر، یک ظرفیت بیوفیلیک استثنایی ایجاد کرده است.	فرم باز به‌عنوان ظرفیت و محدودیت هم‌زمان؛ پارادوکس فرم باز و تابش؛ دریاچه و پارک به‌عنوان ظرفیت اقلیمی؛ سد کالبدی و سایه باد در ردیف اول برج‌ها؛ وابستگی راهبرد به مورفولوژی و اقلیم زمینه؛ اقلیم نیمه‌خشک به‌عنوان شرط زمینه‌ای.	ظرفیت‌ها و محدودیت‌های مورفولوژیک–اقلیمی زمینه منطقه ۲۲
مصاحبه ۷: بزرگترین مانع در منطقه ۲۲، تعارض شدید میان ضوابط شهرسازی (به‌ویژه تأمین ۱۰۰ درصدی پارکینگ زیرسطحی) و الزامات اکولوژیک است. مصاحبه ۹: محدودیت اصلی کالبدی در منطقه ۲۲، قانون تأمین ۱۰۰ درصدی پارکینگ‌هاست که منجر به گودبرداری کل سطح زمین شده است. مصاحبه ۱۳: مانع اصلی در منطقه ۲۲ (و کل تهران)، ضابطه مخرب شهرداری مبنی بر اجازه گودبرداری ۱۰۰ درصدی عرصه برای تأمین پارکینگ است. مصاحبه ۱۶: بزرگترین مانع کالبدی در منطقه ۲۲، مفهوم شکست‌خورده برج–باغ و گودبرداری کل سطح اشغال برای پارکینگ است که اتصال به خاک طبیعی را قطع کرده است. مصاحبه ۱۷: تعارض بزرگ در این زمینه موازنه آب–انرژی (Water-Energy Nexus) است.	پارکینگ زیرسطحی و قطع خاک طبیعی؛ هم‌بست آب–انرژی و تعارض منابع.	موانع کالبدی و زیرساختی تحقق ظرفیت انرژی‌محور بیوفیلیا
مصاحبه ۸: حل این تعارض تنها از طریق تغییر ضوابط پارکینگ و الزام به استفاده از سیستم‌های بازیابی آب خاکستری (Greywater Recycling) برای آبیاری محلی ممکن است. مصاحبه ۱۱: مرز کاربردپذیری راهبردهای بیوفیلیک، ظرفیت برد آبی و اکولوژیک زمین است. مصاحبه ۱۳: شرایط مرزی و حد یقف یک راهبرد بیوفیلیک توسط مفهوم ظرفیت برد (Carrying Capacity) اقلیم نیمه‌خشک تهران تعیین می‌شود. مصاحبه ۱۳: مدیریت این تعارض صرفاً از طریق الزام قانونی به بازچرخانی آب خاکستری (Greywater) بلو ک‌های مسکونی برای آبیاری ... امکان‌پذیر است. مصاحبه ۱۴: این تعارض تنها از طریق اجباری شدن سیستم‌های تصفیه آب خاکستری (Greywater) در مقیاس برج‌ها برای آبیاری ... قابل مدیریت است.	بازچرخانی آب و چرخه بسته آب؛ ظرفیت برد اکولوژیک به‌عنوان حد کاربرد؛ انرژی نهفته و ردپای کربن مداخلات بیوفیلیک؛ تله اکولوژیک و سازگاری مخرب.	مدیریت منابع، ظرفیت اکولوژیک و ملاحظات چرخه حیات مداخلات بیوفیلیک
مصاحبه ۱: تبدیل یک ایده بیوفیلیک به مداخله کالبدی بیشتر تابعی از اقتصاد سیاسی فضا و تأمین مالی (درآمدزایی) است تا الزامات زیست‌محیطی. مصاحبه ۶: دریاچه و پارک جنگلی ... صرفاً به یک «رانت بصری» برای فروش گران‌تر آپارتمان‌ها تبدیل شود. مصاحبه ۸: در شرایط فعلی، متغیر مسلط بر تصمیم‌گیری شهری صرفاً «توجیه اقتصادی و رانت زمین» است. مصاحبه ۱۳: شهرداری به جای تعیین صرف سطح اشغال، سازنده را ملزم کند که با مدل‌سازی اقلیمی اثبات کند ساختمانش بار حرارتی ناحیه را از حد مشخصی بالاتر نمی‌برد. مصاحبه ۱۴: در نظام حکمرانی فعلی، آنچه مداخله را تعیین می‌کند، «اقتصاد مستغلات» و «بازاریابی بصری برای فروش واحدها» است. مصاحبه ۱۵: فرایند صدور پروانه برج‌های جدید باید منوط به این باشد که توسعه‌دهنده با ارائه شبیه‌سازی‌های دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) اثبات کند.	اقتصاد سیاسی و منطق مستغلات؛ بازاریابی سبز و رانت منظر؛ حکمرانی جزیره‌ای و بخشی‌نگر؛ گذار از ضوابط تجویزی به عملکردمحور؛ شبیه‌سازی و ارزیابی اقلیمی پیش از صدور مجوز؛ حکمرانی دیجیتال و دوقلوهای دیجیتال؛ حقوق باد و خورشید و تنظیم‌گری فضایی؛ نابرابری نهادی و اقتصادی در تحقق مداخله.	اقتصاد سیاسی، حکمرانی و تنظیم‌گری تحقق مداخلات بیوفیلیک
مصاحبه ۳: پیوند معماری بیوفیلیک با انرژی شهری، بدون در نظر گرفتن عدالت فضایی و توزیع عادلانه نسیم و سایه در منطقه ۲۲، به یک ژست لوکس معماری تقلیل خواهد یافت. مصاحبه ۷: این بخش مستقیماً با مفهوم عدالت فضایی و نابرابری حرارتی در ارتباط است.	عدالت فضایی و توزیع نابرابر منافع اقلیمی	عدالت فضایی و توزیع نابرابر منافع اقلیمی

juep.net

نقل قول مستقیم	کد اولیه	تم فرعی
مصاحبه ۹: این یک مصداق بارز بی‌عدالتی حرارتی است. مصاحبه ۱۴: این فرم با وجود باز بودن، همچون یک سد عمل کرده و پدیده سایه باد (Wind Shadow) را برای محلات پشتی ایجاد کرده است که نمونه بارز بی‌عدالتی فضایی در توزیع منابع اقلیمی است.		

۴.۵.مرحله چهارم: بازبینی و پالایش تم‌ها

در این گام، مجموعه کدهای اولیه و تم‌ها بر اساس معیارهای دوگانه پاتون (۱۹۹۰) تحت پالایش انتقادی قرار گرفتند:

ارزیابی تجانس درونی (انسجام درون‌تمی): داده‌ها و کدهای تخصیص‌یافته به هر تم به‌گونه‌ای بازآرایی شدند که یک سازوکار یا مفهوم نظری واحد را با معناداری کامل منعکس کنند. کدهایی که پیش‌تر رویکردی هنجاری (توصیه‌ای) داشتند، به گزاره‌های تجربی ناظر بر رفتار واقعی پدیده‌ها تبدیل شدند.

ارزیابی تمایز بیرونی (تفکیک‌پذیری بین‌تمی): مرزهای مفهومی میان تم‌های دارای هم‌پوشانی به شکل بنیادین بازتعریف شد. تم‌های پیشین «تعامل چندمقیاسی» و «پیوستگی شبکه‌ای» که دو روی دارای مفهوم مشابه بودند، در یک کل منسجم ساختاری ادغام گردیدند. همچنین کدهای پراکنده حوزه «اقتصاد سیاسی» و «حکمرانی» بر مبنای نظریه نهادگرایی اسکات (۲۰۱۴) و اقتصاد سیاسی فضا تفکیک گردیدند؛ به‌نحوی‌که «منطق بازار، سوداگری زمین و کالایی‌سازی طبیعت» از «نظام تنظیم‌گری، قواعد ساختمانی و ابزارهای هدایت عملکردمحور» متمایز شد.

این پالایش ساختاری در چهار محور اصلاحی عملیاتی گردید:

- حل هم‌پوشانی شبکه و مقیاس در بستر انتقال آبشاری: مفاهیم پیوستگی کالبدی و اثرات بین‌مقیاسی در قالب زنجیره پیوسته «ماتریس لکه–راهرو–زمینه» (Forman,1995) بازتعریف شدند تا چگونگی تضعیف، تقویت یا شکست اثرات خنک‌کنندگی از مقیاس کلان شهری به پوسته خرد بنا به‌روشنی تبیین گردد.
- تدقیق مرزهای حکمرانی و اقتصاد سیاسی: سازوکارهای مالی و انگیزه‌های رانت مبنا در بازار مستغلات، از موانع بوروکراتیک و ضوابط صلب شهرداری (نظیر ضابطه الزام ۱۰۰ درصدی پارکینگ زیرسطحی) تفکیک شد تا نقش هریک در مهار یا فعال‌سازی کارایی انرژی شفاف شود.
- تم اصلی ۲ (سطح میانی و کلان کالبدی): ماهیتی کاملاً فیزیکی، مورفولوژیک و آیرودینامیک دارد. کدهای ذیل این تم پدیده‌های سایه باد ناشی از هندسه احجام ساختمانی و انسداد باد ناشی از مقاومت هیدرودینامیکی تاج درختان در تنگه‌ها را صرفاً به‌مثابه تغییر در پارامترهای فیزیکی میدان جریان (تغییر بردار سرعت، فشار دینامیکی و تجمع رطوبت نهان) تحلیل می‌کنند.

juep.net

- تم اصلی ۳ (سطح فرامقیاسی و ساختاری): ماهیتی کاملاً نهادی، هنجاری و مبتنی بر اقتصاد سیاسی دارد. در این تم، پدیده انسداد باد یا سایه باد کالبدی، نه یک متغیر صرفاً فیزیکی، بلکه به‌مثابه تصاحب رانتی و انحصار فضایی نسیم دریاچه توسط سرمایه‌گذاران ردیف اول، تولید ساختاری نابرابری و بی‌عدالتی حرارتی در بافت‌های فرودست پشت‌سر، و نقض حقوق اقلیمی مشاعات شهری بر اثر ناکارآمدی رژیم تنظیم‌گری تحلیل می‌شود.

جدول ۲- ساختار پالایش‌شده تم‌های اصلی، تم‌های فرعی، کدهای اولیه و زنجیره تبیینی پشتیبان

تم اصلی (قلمرو تحلیلی)	تم فرعی پالایش‌شده	کدهای تجمیع‌شده	چارچوب نظری و زنجیره علّی سازوکار
تم اصلی ۱: سازوکارهای واسط ترمودینامیکی و تطبیقی در تراز خرد *(تمرکز بر تبادل حرارتی پوسته، خردفضا و انسان)*	تبیین سیستمیک کارایی انرژی و اگزرژی پوسته	انرژی عملیاتی و نهفته؛ کیفیت انرژی و کارایی اگزرژی؛ انعطاف‌پذیری متابولیک بنا؛ پایش چرخه حیات مصالح بیوفیلیک.	متابولیسم شهری و اگزرژی: بازتعریف پایداری از کاهش ساده کیلووات‌ساعت به کارایی کیفی و چرخه‌ای در مقیاس پوسته.
	موازنه شار حرارتی و تعدیل دمای میانگین تابشی (MRT)	تبدیل گرمای محسوس به نهان با تبخیر و تعرق؛ مسدودسازی تابش موج‌کوتاه با سایه‌اندازی تاج گیاهی؛ افت دمای پوسته؛ پیش‌خنک‌سازی هوای همرفتی.	معادله تراز انرژی اوکه (۱۹۸۸): تغییر شرایط مرزی لایه همرفت جداره از طریق سایه و سرمایش تبخیری.
	تعدیل روان‌شناختی–حرارتی بار برودتی (آسایش تطبیقی)	تغییر آستانه ادراک حرارتی در مجاورت بصری/حسی طبیعت؛ مدارای فیزیولوژیک کاربر با دمای بالاتر؛ تأخیر در فعال‌سازی سیستم‌های برودتی مکانیکی.	آسایش تطبیقی (Brager & de Dear,1998): واسطه‌گری روان‌شناختی در کاهش تقاضای واقعی بار سرمایشی.
تم اصلی ۲: پیکربندی فضایی، دینامیک آیرودینامیک و بازخوردهای مورفولوژیک *(تمرکز بر فیزیک جریان باد، هندسه بافت و تداخلات خرداقلیمی)*	دینامیک انتقال آبشاری در ساختار لکه–راهرو–زمینه	جریان پیوسته خنک‌کنندگی از سینک‌های کلان (دریاچه و بوستان‌ها)؛ هدایت نسیم از کریدورهای میانی؛ عدم جمع‌پذیری خطی عملکرد ساختمان‌های مجزا.	اکولوژی سیمای سرزمین (Forman,1995): تبیین مسیرهای فیزیکی انتقال یا میرایی برودت از کلان به خرد.
	برهم‌کنش مورفولوژی باز و دینامیک باد محلی (اثر کالبدی Wake)	پارادوکس SVF بالا با تشدید جذب تابش در معابر عریض؛ شکل‌گیری گردابه‌های آشفته پشت توده‌های بلندمرتبه (سایه باد کالبدی)؛ افت گرادیان سرعت باد به علت زبری احجام.	اقلیم‌شناسی شهری و آیرودینامیک اِرل (Erell et al.,2011): سازوکار تغییر میدان جریان و میرایی باد تحت تأثیر هندسه کالبدی برج‌ها.
	پدیده‌های معکوس آیرودینامیکی و تله‌های رطوبتی ناشی از بیوفیلیا	مقاومت آیرودینامیکی تاج پوشش گیاهی در تنگه‌های ونتوری؛ انسداد فیزیکی کوران موضعی بر اثر تراکم نامناسب پوشش گیاهی؛ حبس رطوبت تعرقی و افزایش دمای حباب مرطوب.	نظریه سازگاری مخرب خرداقلیمی: تبیین فیزیکی مواردی که جانمایی غلط گونه‌ها منجر به رکود هوا و افت راندمان ترمودینامیکی می‌شود.
تم اصلی ۳: ارکان نهادی، اقتصاد سیاسی فضا و حقوق اقلیمی مشترکات *(تمرکز بر ریشه‌های ساختاری تولید فضا، رانت زمین و نظام تنظیم‌گری)*	انقطاع متابولیک خاک–آب در تعارض با ظرفیت برد اقلیم	گودبرداری ۱۰۰ درصدی پارکینگ‌ها و قطع ارتباط با سفره طبیعی؛ تحمیل بار پمپاژ آب عمیق به شبکه برق؛ تحمیل گونه‌های پرمصرف فراتر از ظرفیت برد اقلیم نیمه‌خشک.	هم‌بست آب–انرژی و ظرفیت برد بوم‌شناختی: موانع زیرساختی در تأمین چرخه حیات و تحمیل بار انرژی نهفته مضاعف.
	کالایی‌سازی طبیعت، تصاحب رانتی نسیم و بی‌عدالتی زیست‌اقلیمی	تبدیل مواهب زیست‌محیطی به ابزار استخراج ارزش مبادله (رانت منظر)؛ انحصار فضایی جریان باد در ردیف نخست برج‌ها؛ تولید	اقتصاد سیاسی فضا (Lefebvre,1991): نقد مناسبات رانتی که جریان طبیعی باد و نسیم را به‌عنوان کالای انحصاری مصادره می‌کنند.

juep.net

	بی‌عدالتی و بار حرارتی مازاد برای بافت‌های درونی.	
گذار به رژیم تنظیم‌گری عملکردمحور و تثبیت حقوق اقلیمی باد	ناکارآمدی ضوابط تجویزی صلب (تراکم و سطح اشغال)؛ الزام قانونی شبیه‌سازی پیشین CFD؛ استقرار نظام پایش دوقلوهای دیجیتال؛ به رسمیت شناختن حقوق مشاع جریان باد (Wind Rights).	نظریه نهادی اسکات (۲۰۱۴) و مشترکات استروم (۱۹۹۰): استقرار قواعد الزام‌آور برای مهار انسداد باد ناشی از سوداگری زمین.

۵.۵.مرحله پنجم و ششم: نام‌گذاری و روایت تحلیلی مضامین

یافته‌های حاصل از تحلیل نظام‌مند تماتیک نشان می‌دهد که پیوند معماری و شهرسازی بیوفیلیک با کارایی انرژی شهری در منطقه ۲۲ تهران نه یک پیامد تک‌علتی، بلکه متکی بر یک زنجیره علّی سه‌لایه (تراز خرد فیزیکی–رفتاری، تراز میانی آیرودینامیک–فضایی، و تراز فرامقیاسی نهادی–اقتصادی) است:

لایه خرد: موازنه فیزیکی و تعدیل رفتار حرارتی

یافته‌ها مؤید آن است که عناصر بیوفیلیک در پوسته بنا زمانی بر کارایی انرژی اثر می‌گذارند که شرایط مرزی موازنه گرما بر اساس معادله اوکه (۱۹۸۸) دگرگون شود. مسدودسازی تابش مستقیم خورشید از طریق سایه‌اندازی زیستی، دمای تابشی میانگین (MRT) را در جداره تقلیل داده و هم‌زمان تبخیر و تعرق پوشش گیاهی، بار سرمایش همرفتی هوای مجاور را کاهش می‌دهد (مشارکت‌کننده ۱). همگام با این فرآیند، مداخله بیوفیلیک از طریق سازوکار روان‌شناختی آسایش تطبیقی عمل می‌کند؛ به‌گونه‌ای که تماس حسی–بصری ساکنان با سبزی، آستانه پذیرش حرارتی را تغییر داده و شروع به کار سیستم‌های برودتی مکانیکی را به تأخیر می‌اندازد (مشارکت‌کننده ۱۴).

لایه میانی–کلان: دینامیک آیرودینامیکی فیزیکی در برابر دام‌های معکوس

پایداری این سازوکارهای خرد به پیکربندی فضایی و رفتار فیزیکی جریان هوا در مقیاس میانی وابسته است. با تکیه بر الگوی لکه–راهرو–ماتریس (Forman,1995)، نفوذ نسیم خنک از لکه‌های کلان (دریاچه چیتگر) به بافت مسکونی نیازمند تداوم آیرودینامیکی کریدورهاست. با این حال، شواهد تجربی این لایه از دو پدیده متمایز آیرودینامیکی پرده برمی‌دارد:

- نخست، سایه باد کالبدی (Wind Shadow / Wake Effect) که معلول صرف هندسه بلوک‌های ساختمانی، نسبت دید آسمان (SVF) بالا و زبری خشن برج‌های بلندمرتبه است که موجب افت سرعت باد و سکون هوای مجاور زمین می‌شود (مشارکت‌کننده ۱۰).
- دوم، سازگاری مخرب و انسداد موضعی باد توسط پوشش گیاهی؛ بدین معنا که کاشت متراکم درختان پهن‌برگ در گلوگاه‌ها و تنگه‌های میان‌برجی (اثر ونتوری)، به‌مثابه یک مقاومت هیدرودینامیکی عمل کرده و با حبس رطوبت تعرقی، دمای حباب مرطوب را بالا می‌برد و کارایی ترمودینامیکی فضا را مختل می‌سازد (مشارکت‌کنندگان ۸ و ۱۳). این تحلیل‌ها صرفاً بر رفتار فیزیکی سیال و ترمودینامیک فضا دلالت دارند و مرز علمی تم ۲ را تعریف می‌کنند.

لا یه فرامقیاسی: اقتصاد سیاسی فضا، انحصار رانتی و حکمرانی حقوق باد

در تمایز کامل با لایه فیزیکی فوق، داده‌های تم ۳ نشان می‌دهند که پدیده کاهش جریان باد در بافت‌های شهری منطقه ۲۲، صرفاً یک مسأله آیرودینامیک خنثی نیست، بلکه ریشه در مناسبات اقتصاد سیاسی و منطق رانت مستغلات (Lefebvre,1991) دارد. در این لایه، آرایش ممتد برج‌های خط نخست دریاچه، دیگر تنها یک سد کالبدی خوانده نمی‌شود، بلکه بازتابی از تصاحب انحصاری رانت منظر و نسیم دریاچه به بهای محروم‌سازی محلات پشت‌سر و بازتولید ساختاری بی‌عدالتی زیست‌اقلیمی است (مشارکت‌کنندگان ۶ و ۱۴). از این منظر، انسداد باد به یک مسأله حقوقی و حاکمیتی بدل می‌شود؛ جایی که ضوابط سنتی و صلب شهرداری به دلیل تکیه صرف بر شاخص‌های کمی تراکم و چشم‌پوشی از حقوق مشاع اقلیمی (Wind Rights)، زمینه را برای حبس حرارتی بافت‌های فرودست فراهم کرده‌اند. بر مبنای نظریه نهادی اسکات (۲۰۱۴)، خروج از این چالش مستلزم تحول در رژیم تنظیم‌گری و الزام سازندگان به شبیه‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) پیش از صدور مجوز است تا تداوم حقوق باد برای تمامی شهروندان تضمین شود (مشارکت‌کننده ۱۵).



شکل ۲- سازوکارهای چندمقیاسی پیوند معماری و شهرسازی بیوفیلیک با کارایی انرژی شهری

۶.بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که پیوند میان معماری و شهرسازی بیوفیلیک با کارایی انرژی، بر خلاف مفروضات مسلط، پدیده‌ای ایستا، همگن یا خودبه‌خودی نیست؛ بلکه در یک کلیت دیالکتیکی میان رفتار فیزیکی سیالات، واکنش‌های

انطباقی ساکنان و مناسبات اقتصاد سیاسی فضا تعین می‌یابد. برای معنابخشی تحلیلی به این نتایج و تدقیق نظری آن‌ها، یافته‌ها در امتداد سه شکاف مفهومی معرفی‌شده تبیین و با ادبیات پژوهش مقایسه می‌شوند. در مواجهه با نخستین شکاف، یعنی تقلیل‌گرایی مقیاسی، بخش عمده‌ای از ادبیات پیشین مزایای بیوفیلیا را به عملکرد ترمودینامیکی پوسته بنا فروکاسته (Ding et al.,2024; Massoud,2024; Nitu et al.,2022) یا آن را در قالب سنجه‌های کلان و گسسته از بافت رها کرده‌اند (Andreucci et al.,2021; Conticelli et al.,2024). یافته‌های این مطالعه این رویکرد را از طریق مفهوم‌سازی آبشار ترمودینامیکی و اثبات قاعده عدم جمع‌پذیری خطی به چالش می‌کشد. گرچه مطالعات شبیه‌سازی در بستر کالبدی ایران، نظیر رئیسی و همکاران (۲۰۲۵)، بر توانایی بیوفیلیا در تقلیل بار برودتی پوسته در مقیاس خرد صحه می‌گذارند، اما تحلیل حاضر آشکار می‌سازد که این کارایی بدون اتصال به ساختار «لکه–راهرو–ماتریس» در بوم‌شناسی سیمای سرزمین (Forman,1995) پایدار نمی‌ماند. در بافت متراکم و بلندمرتبه منطقه ۲۲ تهران، قرارگیری بلوک‌های سبز در معرض بار حرارتی ناشی از پس‌زنش گرمای چیلرهای پیرامونی و جزایر گرمایی موضعی، مزیت‌های انرژی پوسته را مستهلک می‌کند؛ بدین‌معنا که مقیاس میانی یا همان دره‌های شهری و فضاهای میان‌ساختمانی، متغیری منفعل نیست، بلکه فیلتری بازدارنده یا تسهیل‌کننده است که پیوستگی جریان خنکای برآمده از پهنه‌های آبی و سبز کلان (نظیر دریاچه شهدای خلیج فارس و پارک جنگلی چیتگر) به سمت جداره‌های زیست‌اقلیمی را مشروط می‌سازد.

در تبیین شکاف سازوکاری، ادبیات جهانی غالباً میان دو قطب مجزا سرگردان بوده است: از یک‌سو، تأکید بر ادراک روان‌شناختی بدون ره‌گیری اثرات انرژی (Khalil & Steemers,2026; Usip et al.,2026; Tabassum & Park,2024) و از سوی دیگر، ادعای مستقیم کاهش بار حرارتی با نادیده‌گرفتن رفتار انسان (Massoud,2024; Nitu et al.,2022). یافته‌های این پژوهش این گسست را با تکیه بر نظریه آسایش تطبیقی (Brager & de Dear,1998) پر می‌کند. در سطح فیزیکی و بر پایه تراز انرژی سطحی اوکه (۱۹۸۸)، پوشش گیاهی با تعدیل تبدیل گرمای محسوس به نهان، دمای میانگین تابشی را کاهش می‌دهد؛ با این حال، ارزش افزوده این پژوهش در اثبات این نکته است که کاهش مصرف انرژی، پیامد خودکار این تعدیل نیست، بلکه از طریق بازتنظیم دامنه پذیرش حرارتی ساکنان و تأخیر زمانی در مداخله تجهیزات سرمایشی فعال فعال می‌شود. بر خلاف رویکردهای تکین (۲۰۲۵) و خلیل و استیمرز (۲۰۲۶) که مؤلفه‌های بصری را صرفاً تسکین‌دهنده تنش عصبی می‌دانند، داده‌های کیفی این مطالعه نشان می‌دهد که رؤیت‌پذیری طبیعت و دریافت حسی حرکت ملایم هوا، آستانه رضایت‌مندی حرارتی کاربران را ارتقا داده و مقاومت روانی در برابر گرما را تا حدود ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌دهد. این گذار رفتاری از وابستگی منفعلانه به سیستم‌های تراکمی مکانیکی به سمت بهره‌گیری فعال از تهویه طبیعی، حلقه مفقوده‌ای است که پتانسیل خرد فیزیکی را به صرفه‌جویی عینی انرژی پیوند می‌زند.

با این وجود، پیچیده‌ترین یافته این پژوهش که تعارض آشکاری با جریان اصلی ادبیات پایداری دارد، مفهوم‌سازی پدیده سازگاری مخرب بیوفیلیک در اقلیم‌های نیمه‌خشک است. در حالی که طیف وسیعی از پژوهش‌های پیشین (از جمله Ding et al.,2024; Nitu et al.,2022; Tekin,2025) سقف‌ها و جداره‌های سبز را راهکاری قطعی برای کاهش مصرف انرژی تا ۳۰ درصد معرفی کرده‌اند، یافته‌های تجربی و زمینه‌محور این پژوهش نشان می‌دهد که این گزاره جهان‌شمول نبوده و در صورت نادیده‌گرفتن مورفولوژی شهری و موازنه بوم‌شناختی، پیامدی معکوس تولید می‌کند. علل این تعارض را می‌توان در

دو سازوکار ترمودینامیکی و زیرساختی در منطقه ۲۲ تهران بازشناسی کرد: نخست آنکه، در معابر با نسبت منظر محصور و دره‌های شهری متراکم با ضریب دید آسمان (SVF) پایین، کاشت متراکم گونه‌های گیاهی به جای تلطیف اقلیم، مقاومت آیرودینامیکی شدیدی در برابر جریان ملایم باد ایجاد کرده و با تشدید اصطکاک، کوران طبیعی را مسدود می‌سازد. در چنین شرایطی، تعریق گیاهی به علت سکون هوا موجب شکل‌گیری پدیده تله رطوبتی می‌شود که دمای حباب مرطوب محیط را افزایش داده و بازدهی تبادل حرارتی انسان و راندمان کارکرد سیستم‌های سرمایشی برودتی را به‌شدت تنزل می‌دهد. دوم آنکه، در بستری مانند تهران با تنش آبی شدید، تأمین آب مورد نیاز گونه‌های پرمصرف از طریق پمپاژ عمیق چاه‌ها یا سامانه‌های مکانیکی تحت‌فشار، بار الکتریکی پنهانی را به شبکه تحمیل می‌کند که در تحلیل چرخه عمر (LCA)، تراز صرفه‌جویی ادعایی در پوسته بنا را منفی می‌سازد. این امر بر تقابل آشکار میان واردات مدل‌های بیوفیلیک اقلیم‌های معتدل با وفور منابع آبی (Beatley,2011; Littke,2016) و واقعیت‌های هیدرولوژیک اقلیم‌های خشک تأکید دارد. علاوه بر این، در حالی که سادیک و همکاران (۲۰۲۳) و تامپانیچوات و همکاران (۲۰۲۵, ۲۰۲۶) موانع بیوفیلیا را در بسترهای متراکم استرالیا عمدتاً محدودیت‌های مالی و کالبدی دانسته‌اند، در بافت مورد مطالعه ما ضابطه تجویزی الزام به تأمین پارکینگ در تمام سطح زیرزمین، لایه خاک نفوذپذیر طبیعی را از پیوستار هیدرولوژیک زیرسطحی منقطع ساخته و پوشش‌های سبز را به موجودیت‌های وابسته به سازه‌های بتنی و پمپاژ مصنوعی بدل کرده که نمونه‌ای عینی از تاب‌آوری وابسته به انرژی بر خلاف مبانی پایداری است.

علت‌شناسی ریشه‌ای این ناکارآمدی‌ها فراتر از فیزیک فضا، در منطق اقتصاد سیاسی فضا و ترتیبات حکمرانی نهفته است. انطباق یافته‌ها با نظریه تولید فضای لوفور (۱۹۹۱) آشکار می‌سازد که عناصر شاخص طبیعی در پهنه مورد مطالعه، بیش از آنکه به‌مثابه زیرساخت‌های اکولوژیک برای پالایش حرارتی عمل کنند، در چرخه انباشت سرمایه و تولید ارزش مبادله ادغام شده‌اند. شکل‌گیری دیواره متراکم برج‌های مشرف به دریاچه شهدای خلیج فارس، نمونه‌ای بارز از تصاحب رانتی نسیم است که طی آن، خط اول ساخت‌وسازها با هدف انتفاع از ارزش افزوده چشم‌انداز، جریان‌های برودتی غالب را مصادره کرده و با تحمیل اثرات آیرودینامیک ویک (Wake) و اغتشاش جریان، بافت‌های پسین را در سایه حرارتی و رکود هوا فرو می‌برند. در چارچوب نظریه نهادی اسکات (۲۰۱۴) و نظریه حکمرانی منابع مشترک استروم (۱۹۹۰)، می‌توان استدلال کرد که غیاب یک رژیم تنظیم‌گری کارآمد سبب شده تا جریان‌های بادی و ظرفیت تعدیل حرارتی اتمسفر، به‌مثابه منابع با دسترسی آزاد بدون متولی رها شوند؛ غفلتی که به تراژدی مشترکات اقلیمی انجامیده است. حاکمیت مقررات سنتی تجویزی که صرفاً بر تراکم، سطح اشغال و عقب‌نشینی‌های صلب متمرکزند، فاقد توانایی اندازه‌گیری یا کنترل اثرات خارجی حرارتی هستند و راه را برای خصوصی‌سازی مواهب طبیعی به نفع منافع سفته‌بازانه مستغلات هموار کرده‌اند.

از حیث نظری و روش‌شناختی، پژوهش حاضر دستاوردهای متمایزی برای ادبیات مطالعات شهری به همراه دارد. در ساحت نظری، با ساختارشکنی از نگاه رمانتیک و ایستا به طبیعت شهری، یک نظریه میان‌برد تدوین شده است که تراز انرژی سطحی، بوم‌شناسی سیمای سرزمین و اقتصاد سیاسی فضا را در قالب چارچوبی سه‌لایه یکپارچه می‌سازد؛ این مدل نشان می‌دهد که اثرگذاری انرژی‌محور بیوفیلیا پیامدی محتوم نیست، بلکه وضعیتی مشروط به هم‌راستایی پیکربندی فضایی و نظامات تنظیم‌گری است. در ساحت روش‌شناختی، اتخاذ رویکرد کیفی عمیق و منطق استدلال ربایشی (Abductive)، امکان شناسایی

اصطکاک‌های سازمانی، منافع ساختاری پنهان و بازخوردهای منفی غیرخطی را فراهم آورد؛ ابعادی که روش‌شناسی‌های مسلط کمی، نظیر شبیه‌سازی‌های پارامتریک در سیستم‌های بسته یا مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) متکی بر روابط مفروض خطی، به علت پیش‌فرض‌های انتزاعی از ثبت و کشف آن‌ها ناتوان‌اند.

بر پایه این سنتز مفهومی، دلالت‌های سیاستی روشنی برای مدیریت و برنامه‌ریزی شهری ترسیم می‌شود. نخست، مدیریت شهری باید ضوابط کالبدی ایستا را به رژیم تنظیم‌گری عملکردمحور ارتقا دهد؛ به‌گونه‌ای که صدور مجوز برای پروژه‌های بلندمرتبه منوط به ارائه شبیه‌سازی‌های پیشین دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) و سنجش پیامدهای میکروکلیمایی بر حق دسترسی پلاک‌های پشتی به جریان باد (حقوق باد) گردد. دوم، اصلاح ضابطه سطح اشغال زیرزمین ضروری است؛ به‌طوری‌که دست‌کم ۳۰ درصد از مساحت پلاک‌ها به‌صورت خاک بکر و نفوذپذیر عمیق برای اتصال به هیدرولوژی طبیعی و کاهش وابستگی حرارتی–رطوبتی حفظ شود. سوم، در راستای مدیریت هم‌بست آب–انرژی در اقلیم‌های نیمه‌خشک، ترویج بام‌ها و نماهای بیوفیلیک باید قانوناً با الزام به پیاده‌سازی زیرساخت‌های غیرمتمرکز بازچرخانی آب‌های خاکستری پیوند یابد تا مزیت تعدیل حرارتی جداره‌ها با فشار مضاعف بر شبکه انرژی و آب شهری خنثی نگردد.

با وجود این دستاوردها، پژوهش حاضر با محدودیت‌های روش‌شناختی مشخصی مواجه است که تعمیم‌پذیری و تفسیر یافته‌ها را مشروط می‌سازد. مهم‌ترین محدودیت این مطالعه آن است که گزاره‌ها و ادعاهای هنجاری مطرح‌شده پیرامون عدالت اقلیمی، حقوق باد و بازتولید ساختاری نابرابری‌های حرارتی، مبتنی بر ادراک، تحلیل ساختاری و کدگذاری مصاحبه‌ها با جامعه خبرگان، اسناد طرح تفصیلی و مشاهدات فضایی است، نه برآمده از سنجش مستقیم تجربه زیسته، پایش میدانی الگوهای مصرف یا داده‌های پیمایشی ادراک ساکنان در بلوک‌های متأثر از سایه باد. از این رو، این مفاهیم اگرچه به عنوان پدیدارهای عینی کالبدی–نهادی شناسایی شده‌اند، اما فاقد لایه‌بندی پدیدارشناسانه از منظر گروه‌های متنوع اجتماعی ساکن در پهنه هستند. علاوه بر این، ماهیت کیفی و نظریه‌پردازانه پژوهش امکان محاسبه عددی و اندازه‌گیری دقیق نرخ تبادل اگزرژی، تراز هیدرولوژیک و ضریب افت سرعت باد در نقاط بحرانی را محدود کرده است. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود پژوهشگران در مطالعات آتی، این مدل مفهومی را از طریق مطالعات آمیخته، به‌کارگیری شبکه‌های حسگر بی‌سیم و ثبت بلندمدت خرداقلیم در فصول گرم، شبیه‌سازی‌های حرارتی چندمقیاسی جفت‌شده، و ارزیابی‌های پس از سکونت گسترده در میان ساکنان محلات ناهمگون اعتبارسنجی و تدقیق نمایند.

در جمع‌بندی نهایی، بیوفیلیا در بافت‌های متراکم معاصر تنها زمانی می‌تواند به عنوان پیشران کارایی انرژی عمل کند که فراتر از ژست‌های تزئینی و آرایه‌های بصری بازاریابی املاک بازتعریف شود. تحقق شهرسازی بیوفیلیک نیازمند برقراری هم‌افزایی میان رفتار ترمودینامیکی پوسته خرد و مورفولوژی آیرودینامیکی فضای میانی، پایبندی به محدودیت‌های اکولوژیک اقلیم در تراز آب–انرژی، و برقراری نظام حکمرانی متعهدی است که حق عمومی شهروندان بر مشترکات اقلیمی را در برابر فشارهای سفته‌بازانه رانت زمین صیانت نماید؛ رویکردی چندمقیاسی که می‌تواند طبیعت را از عاملی برای تشدید عدم‌تعادل‌های فضایی، به عاملی ساختاری برای ارتقای پایداری و عدالت محیطی در شهر بدل سازد.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در فرایند پژوهش (طراحی، اجرا، تحلیل و گزارش) دارای سهمی برابر هستند.

تشکر و قدردانی

موردی برای گزارش وجود ندارد.

تعارض منافع

موردی برای گزارش وجود ندارد.

منابع

Abazari, T., Potvin, A., Demers, C. M., & Gosselin, L. (2022). A biophilic wellbeing framework for positive indoor-outdoor connections in energy-efficient Arctic buildings. *Building and environment*, *226*, 109773.

Beatley, T. (2011). Biophilic cities: Integrating nature into urban design and planning (Vol. 28). Washington, DC: Island Press.

Bijari, M., Aflaki, A., & Esfandiari, M. (2025). Plants Inspired Biomimetics Architecture in Modern Buildings: A Review of Form, Function and Energy. *Biomimetics*, *10*(2), 124. https://doi.org/10.3390/biomimetics10020124

Conticelli, E., Falcioni, S., Marzani, G., Morini, G. L., & Tondelli, S. (2024). Assessing energy efficiency at urban scale through the use of energy performance certificates: An application in the Emilia-Romagna region, Italy. *Cities*, *145*, 104728.

De Dear, R., & Brager, G. S. (1998). Developing an adaptive model of thermal comfort and preference.

Ding, X., Cui, Y., Chen, Z., & Zhang, H. (2024). Energy Efficiency in Biophilic Architecture: A Systematic Literature Review and Visual Analysis Using CiteSpace and VOSviewer. *Buildings*, *14*(12), 3800. https://doi.org/10.3390/buildings14123800

Durukan, A., Erdoğan, R., & Olgun, R. (2026). Nature, Place, and the Sacred: Biophilic Design as a Mediator of Spiritual Experience in a 13th Century Anatolian Seljuk Mosque. *Religions*, *17*(3), 293. https://doi.org/10.3390/rel17030293

Elantary, A. R. (2026). A MIVES-Based Multi-Criteria Framework for Assessing Courtyard–Biophilic Integration in Sustainable Architecture. *Architecture*, *6*(3), 128. https://doi.org/10.3390/architecture6030128

Erell, E., Pearlmutter, D., & Williamson, T. (2012). Urban microclimate: designing the spaces between buildings. Routledge.

Forman, R. T. (2014). Foundations: Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions (1995). In The ecological design and planning reader (pp. 217-234). Washington, DC: Island Press/Center for Resource Economics.

Foroughi, R., & Daneshgar, F. (2026). A nature-based solution for energy efficiency, sustainability, and human well-being. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, *33*(3), 408–423. https://doi.org/10.1080/13504509.2026.2640409

Ghobadi, P., Maleki, A., Keynezhad, M. A., Movahedi, Y. & Shahbazi, Y. (2022). Analysis of the Effect of Biophilic Urban Space on the Level of Stress. *Urban Design Discourse*, *3*(4), 1–17.

Gök, A. B., & Bingöl, B. (2026). Biophilic Design and Spatial Performance in Spa Environments: Development of the BIO-SPA Certification Model. *Buildings*, *16*(13), 2501. https://doi.org/10.3390/buildings16132501

Karimi, H., Adibhesami, M. A., Bazazzadeh, H., & Movafagh, S. (2023). Green Buildings: Human-Centered and Energy Efficiency Optimization Strategies. *Energies*, *16*(9), 3681. https://doi.org/10.3390/en16093681

Kellert, S. R., Heerwagen, J., & Mador, M. (2011). Biophilic design: the theory, science and practice of bringing buildings to life. John Wiley & Sons.

Khalil, M. H., & Steemers, K. (2026). The Neurobiophilia Index. *Buildings*, *16*(3), 637. https://doi.org/10.3390/buildings16030637

Khosronia, M. (2026). Biophilic architecture as a strategy to enhance urban energy efficiency: an empirical modeling study in Urmia. *Urban Economics and Planning*, *7*(7), 66–76. https://doi.org/10.22034/uep.2026.574858.1834

Lefebvre, H. (1991). The Production of Space. Cambridge, MA: Blackwell.

mahdavin, V. M. & Parhiz, F. (2024). Compilation of biophilic city model in Isfahan city. *Human Geography Research*, *56*(2), 115–135. https://doi.org/10.22059/jhgr.2023.351118.1008565

Maleki, L. , Majedi, H. and Zarabadi, Z. S. S. (2021). Analyzing the Role of Urban Approaches in Response to Climate Changes with Emphasis on Biophilic Urbanism, A Case Study: Tonekabon City. *Urban Planning Knowledge*, *5*(1), 147-163 https://doi.org/10.22124/upk.2020.13045.1211

Massoud, P. (2024). Integration of biophilic design and energy-based building elements for carbon emission reduction: a comprehensive analysis. *Journal of Building Design and Environment*, *2*(1), 29614-29614.

Mochocka, S., & Spychał, E. (2026). Biophilic Materials and Systems as a Potential for Architectural Adaptation to Climate Change—An Analysis of Environmental Mechanisms. *Sustainability*, *18*(17), 8686. https://doi.org/10.3390/su18178686

Naseri, P., Jodeiri Abbasi, M., Shafizadeh, A., Mahmoodi Nezhad, H. & Babazadeh Oskoui, S. (2024). Explaining the neurobiological theoretical model of biophilic design in architecture to conserve energy in the environment with the method of content analysis. *Journal of sustainable Energy Systems*, *2*(4), 405–420. https://doi.org/10.22059/ses.2024.373986.1059

Nitu, M. A., Gocer, O., Wijesooriya, N., Vijapur, D., & Candido, C. (2022). A Biophilic Design Approach for Improved Energy Performance in Retrofitting Residential Projects. *Sustainability*, *14*(7), 3776. https://doi.org/10.3390/su14073776

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island–Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108.

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science, 325(5939), 419-422.

Pavate, V., Deshmukh, V. D., Kolekar, A., Mendapara, A., Patil, S., & Amrutatti, S. (2024). Green building and energy-efficient design. *Journal of Environmental Engineering and Studies*, *9*(2), 33-52.

Raisi, E., Davtalab, J., Ghasemi, M. & Norouzi, M. (2025). An Analysis of the Role of Biophilic Design in Creating Climate-Responsive and Culturally Attuned Architecture in Iran. *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, *22*(145), 19–34. https://doi.org/10.22034/bagh.2025.499293.5743

Reyes, M., Pérez, G., & Coma, J. (2024). The Role of Building-Integrated Greenery Systems in Building Sustainability Rating Systems. *Land*, *13*(8), 1114. https://doi.org/10.3390/land13081114

Sarboland, M. S. and Abedini, A. (2025). Evaluation and Localization of Smart Planning with Biophilic Approach in Urmia City. *Journal of Urban Ecology Researches*, *16*(3), 65-86. https://doi.org/10.30473/grup.2024.70865.2845

Scott, W. R. (2014). Institutions and organizations. Ideas, interests and identities. Management, 17(2), 136.

Sholanke, A. B., & Adebisi, A. S. (2026). Review of biophilic design concept as a sustainable approach in architecture. *Frontiers in Sustainable Cities*, *8*, 1797670.

Tabassum, R. R., & Park, J. (2024). Development of a Building Evaluation Framework for Biophilic Design in Architecture. *Buildings*, *14*(10), 3254. https://doi.org/10.3390/buildings14103254

Tekin, B. H. (2025, July). An Overview of Biophilic Design Research with Ecological Consideration. In *SETSCI-Conference Proceedings* (Vol. 23, pp. 67-74). SETSCI-Conference Proceedings.

Thampanichwat, C., Wongvorachan, T., Petlai, T., Somngam, P., Sirisakdi, L., Anuntavachakorn, P., & Bunyarittikit, S. (2026). Exterior Architectural Characteristics of Biophilic Design in Diverse Regional Contexts: Case Studies from Asia, Europe, and Australia. *Buildings*, *16*(6), 1123. https://doi.org/10.3390/buildings16061123

Thampanichwat, C., Wongvorachan, T., Somngam, P., Petlai, T., Sirisakdi, L., Anuntavachakorn, P., Bunyarittikit, S., & Prasarnklieo, W. (2025). Biophilic Architecture in the Livable City of Melbourne CBD. *Sustainability*, *17*(23), 10485. https://doi.org/10.3390/su172310485

Usip, E., Essien, E. & Ema, I. (٢٠٢٦). A review of biophilic architectural design strategies and their effects on human wellbeing in contemporary built environments. *Discov Environ* **4**, 170. https://doi.org/10.1007/s44274-026-00580-z

Wijesooriya, N., & Brambilla, A. (2021). Bridging biophilic design and environmentally sustainable design: A critical review. Journal of Cleaner Production, 283, 124591.

Wilson, E. O. (1984). Biophilia. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Zhong, W., Schröder, T., & Bekkering, J. (2022). Biophilic design in architecture and its contributions to health, well-being, and sustainability: A critical review. *Frontiers of architectural research*, *11*(1), 114-141.

در دست انتشار