مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴

Urban managment
No.79 Summer 2025

۷-۲۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش نهایی : ۱۴۰۳/۱۲/۱۲

ارائه چارچوبی پارامتریک برای طراحی فرم ساختمان مسکونی به منظور بهبود خرداقلیم در بافت‌های شهری متراکم

محمد منجمی: کارشناسی ارشد مهندسی معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
منصور یگانه*: گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

چکیده
هدف اصلی این پژوهش، توسعه و اعتبارسنجی یک چارچوب نوآورانه طراحی پارامتریک برای بهینه‌سازی فرم ساختمان در بافت‌های متراکم شهری است تا از این طریق، بهبود شرایط خرداقلیمی و ارتقای آسایش حرارتی در فضاهای باز میانی ساختمان‌ها میسر گردد. این چارچوب به دنبال پاسخگویی به این پرسش است که چگونه می‌توان با استفاده از رویکردهای محاسباتی، به فرمی بهینه دست یافت که تابش خورشیدی مطلوب، تهویه طبیعی کارآمد و سایه‌اندازی مناسب را هم‌زمان فراهم آورد. این مطالعه به روش شبیه‌سازی عددی و با رویکردی ترکیبی انجام شد. پس از انتخاب یک مجتمع مسکونی نمونه در بافت متراکم تهران، ۶۱ الگوی مختلف فرمی با استفاده از نرم‌افزار راینو و پلاگین گراس‌هاپر و بر مبنای متغیرهایی چون جهت‌گیری، تراکم، ارتفاع و نحوه استقرار بلوک‌ها تولید شد. شبیه‌سازی عملکرد خرداقلیمی این الگوها در گرم‌ترین روز سال (اول تیرماه ۳۰۴۱) با بهره‌گیری از پلاگین لیدی‌باگ و بر مبنای داده‌های اقلیمی واقعی تهران انجام پذیرفت و شاخص‌های کلیدی آسایش حرارتی فضای باز (TEP, VMP, DPP, ICTU) برای هر سناریو محاسبه و به‌طور کمی مورد تحلیل مقایسه‌ای قرار گرفت. نتایج به وضوح نشان داد که انتخاب فرم تأثیری بسزا بر میکرواقلیم دارد. الگوهای با کشیدگی شمالی- جنوبی و فرم‌های پلکانی (مانند الگوی شماره ۵۱) به‌طور میانگین موجب کاهش ۸۴.۰ درجه‌ای شاخص TEP و بهبود ۸۰.۰ واحدی شاخص VMP نسبت به وضعیت موجود شدند. در مقابل، فرم‌های فشرده و بسته با محدود کردن جریان هوا، منجر به ایجاد نقاط راکد و تشدید عدم آسایش شدند. چارچوب پارامتریک پیشنهادی، ابزاری قدرتمند و کارآمد در خدمت معماران و شهرسازان است که امکان تصمیم‌گیری آگاهانه بر پایه داده‌های شبیه‌سازی شده را در مراحل اولیه طراحی فراهم می‌کند. کاربست این چارچوب می‌تواند به خلق محیط‌های شهری پایدارتر، انعطاف‌پذیرتر و انسان‌محورتر در برابر چالش‌های تغییر اقلیم منجر شود.

واژگان کلیدی: طراحی پارامتریک، خرداقلیم شهری، آسایش حرارتی فضای باز، بهینه‌سازی فرم، بافت متراکم شهری، شبیه‌سازی انرژی.

* نویسنده مسؤول: yeganeh@modares.ac.ir

A Parametric Framework for Building Form Design to Improve Microclimate in Dense Urban Contexts

Abstract

Aims: This research aims to develop and validate an innovative parametric design framework for optimizing building forms in dense urban fabrics to improve microclimatic conditions and enhance outdoor thermal comfort in interstitial spaces. The framework seeks to answer how computational approaches can simultaneously achieve optimal solar exposure, efficient natural ventilation, and adequate shading.

Methods: This simulation-based study employed a mixed-methods approach. A representative residential complex in dense Tehran fabric was selected. Sixteen distinct architectural form patterns were generated using Rhino and Grasshopper, parameterized by orientation, density, height, and massing arrangement. The microclimatic performance of these patterns was simulated for the hottest day of the year (July 21, 2024) using the Ladybug plugin and real Tehran climatic data. Key outdoor thermal comfort indices (PET, PMV, PPD, UTCI) were calculated for each scenario and analyzed comparatively.

Findings: The results unequivocally demonstrated the profound impact of form on microclimate. Patterns with north-south elongation and stepped massing (e.g., Pattern #15) yielded an average reduction of 0.48°C in PET and a 0.08-unit improvement in PMV compared to the existing condition. Conversely, compact and enclosed forms restricted airflow, creating stagnant zones and exacerbating thermal discomfort.

Conclusion: The proposed parametric framework is a powerful tool for architects and urban planners, enabling data-driven, informed decision-making in the early design stages. Implementing this framework can lead to the creation of more sustainable, resilient, and human-centric urban environments in the face of climatic challenges.

Keywords: Parametric Design, Urban Microclimate, Outdoor Thermal Comfort, Form Optimization, Dense Urban Fabric, Energy Simulation.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

۱- مقدمه

رشد شتابان شهرنشینی و گسترش کالبدی شهرها در دهه‌های اخیر، منجر به ایجاد و تشدید پدیده‌ای به نام "جزیره گرمایی شهری" (Urban Heat Island) شده است [۱]. این پدیده که با افزایش دمای هوای مناطق شهری در مقایسه با حومه‌های اطراف مشخص می‌شود، تأثیر مستقیمی بر مصرف انرژی ساختمان‌ها، کیفیت هوا و به‌طور ویژه، برآسایش حرارتی انسان در فضاهای باز دارد [۳،۲]. فضاهای باز عمومی به عنوان بستر تعاملات اجتماعی و تنفسی شهرها، زمانی می‌توانند نقش خود را به درستی ایفا کنند که شرایط محیطی مطلوبی برای حضور طولانی‌مدت شهروندان فراهم آورند [۴]. با این حال، در بسیاری از کلان‌شهرهای جهان از جمله تهران، این فضاها در طول فصل گرم سال به دلیل کسب گرمای بیش از حد، غیرقابل استفاده می‌شوند [۵].

در این میان، شکل و فرم ساختمان‌ها به عنوان عامل اصلی تشکیل‌دهنده مورفولوژی شهری، نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری میکروااقلیم محلی ایفا می‌کنند [۶]. پارامترهای فرمی همچون تراکم، ارتفاع، جهت‌گیری، نسبت سطح به حجم و نحوه استقرار بلوک‌ها، الگوهای تابش خورشیدی، نفوذ جریان باد و تبادلات حرارتی سطوح را به‌طور کامل دگرگون می‌سازند [۷، ۸]. برای نمونه، اثبات شده است که فرم‌های فشرده با نسبت سطح به حجم پایین‌تر، در زمستان عملکرد انرژی بهتری دارند، در حالی که در تابستان ممکن است با جلوگیری از تهویه طبیعی، منجر به افزایش نیاز به سرمایش مکانیکی شوند [۹].

اگرچه اهمیت طراحی سازگار با اقلیم بر کسی پوشیده نیست، اما رویکردهای سنتی طراحی که عمدتاً متکی بر شهود و تجربه هستند، اغلب فاقد قابلیت پردازش و بهینه‌سازی هم‌زمان این همه متغیر پیچیده و اغلب متعارض هستند [۱۰]. اینجاست که «طراحی پارامتریک» (Parametric Design) به عنوان یک پارادایم نوین، امکان گام نهادن به فراسوی محدودیت‌های روش‌های متعارف را فراهم می‌آورد [۱۱]. این رویکرد با تبدیل اهداف طراحی به یک سیستم از پارامترها و روابط الگوریتمیک، به طراح این توانایی را می‌دهد که هزاران گزینه طراحی را در کسری از ثانیه تولید، شبیه‌سازی و براساس معیارهای از پیش تعیین شده ارزیابی کند [۱۲].

با این وجود، خلأ اصلی در حال حاضر، نبود یک «چارچوب سیستماتیک و کاربردی» است که بتواند به صورت عملیاتی، این پتانسیل قوی محاسباتی را مستقیماً در خدمت هدف بهبود آسایش حرارتی فضای باز و خرداقلیم شهری قرار دهد [۱۳]. اکثر پژوهش‌های پیشین یا به بررسی تأثیر تک عاملی یک پارامتر خاص پرداخته‌اند [۱۴] و یا فاقد یکپارچگی لازم بین مراحل تولید فرم، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی هستند [۱۵].

این پژوهش با هدف پر کردن این خلأ نظری-عملی، به توسعه و اعتبارسنجی یک چارچوب پارامتریک یکپارچه می‌پردازد. سؤال اصلی تحقیق این است: «کاربرد یک چارچوب طراحی پارامتریک چگونه می‌تواند منجر به بهینه‌سازی فرم ساختمان در راستای بهبود شاخص‌های آسایش حرارتی فضای باز در یک بافت متراکم شهری گردد؟» برای پاسخ به این سؤال، این مطالعه با استفاده از شبیه‌سازی‌های پویا، به ارزیابی عملکرد ۱۶ الگوی مختلف فرمی در یک نمونه موردی واقعی در تهران می‌پردازد و درنهایت، راهکارهای طراحی بر مبنای یافته‌ها ارائه می‌دهد

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع کاربردی و با رویکرد "آمیخته (Mixed-Method) "است که در آن از روش‌های کمی (شبیه‌سازی عددی و تحلیل آماری) و کیفی (تحلیل محتوای مبانی نظری و استنتاج طراحی) به صورت هم‌زمان بهره گرفته شده است. پروژه حاضر از نظر هدف، در زمره پژوهش‌های «توسعه‌ای - تحلیلی» قرار می‌گیرد. جامعه آماری این تحقیق را مجموعه‌ای از فرم‌های ساختمانی بالقوه در یک بافت مسکونی متراکم تشکیل می‌دهند. در ادامه، فرآیند روش‌شناسی این پژوهش به تفصیل شرح داده می‌شود.

۱.۲. منطقه و سایت موردمطالعه

این مطالعه در یک نمونه موردی واقعی در شهر تهران انجام پذیرفت. انتخاب تهران به دلیل دارا بودن اقلیم نیمه‌خشک، تراکم بالای جمعیتی و ساختمانی و مواجهه با چالش‌های جدی جزیره گرمایی شهری بود [۱۶]. از میان مناطق بیست و دوگانه تهران، «منطقه ۶» به عنوان هسته مرکزی و تاریخی شهر، به دلیل برخورداری از تراکم بسیار بالا، ترکیب بافت قدیمی و جدید و وجود نمونه‌های شاخص مجتمع‌های مسکونی بلندمرتبه، انتخاب گردید [۱۷].

درنهایت، «مجتمع مسکونی بهجت‌آباد» واقع در ناحیه ۳ این منطقه، به عنوان کانون اصلی مطالعه و شبیه‌سازی انتخاب شد. معیارهای انتخاب این سایت عبارت بودند

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴
Urban managment
No.79 Summer 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

از: قدمت و شهرت به عنوان یکی از اولین مجتمع‌های بلندمرتبه ایران، تکامل‌یافتگی بافت اطراف، تنوع نسبی در فرم بلوک‌های ساختمانی و دسترسی محقق به داده‌های پلان‌های معماری و اطلاعات سایت.



(شکل ۱) - مجتمع مسکونی بهجت‌آباد

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴
Urban managment
No.79 Summer 2025

این مجتمع متشکل از ۱۴ بلوک ۱۲ طبقه است که در سه تیپ مختلف (با سطح اشغال ۴۳۲، ۳۹۵ و ۲۷۶ مترمربع) طراحی و اجرا شده‌اند. مساحت کل سایت حدود ۵۶۶۲ مترمربع و زیربنای کل تقریباً ۷۹۴۴ مترمربع است.



(شکل ۲) - مدل سه‌بعدی مجتمع مسکونی بهجت‌آباد

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

۲.۲. گردآوری داده‌ها و ورودی‌های شبیه‌سازی

داده‌های موردنیاز برای این پژوهش از دو منبع اصلی گردآوری شدند:

- **داده‌های اقلیمی:** داده‌های ساعتی هواشناسی موردنیاز برای شبیه‌سازی پویا، از فایل EPW (EnergyPlus Weather) شهر تهران استخراج شد. این فایل که حاوی داده‌های یک سال کامل (۸۷۶۰ ساعت) است، از پایگاه‌های معتبر بین‌المللی (از جمله EnergyPlus و OneBuilding.Org.Climate) اخذ گردید [۱۸]. پارامترهای اصلی استخراج‌شده عبارت بودند از: دمای خشک هوا، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد، تشعشع مستقیم و منتشر شده خورشید و میزان ابرناکی.
- **داده‌های کالبدی و هندسی:** داده‌های مربوط به فرم موجود مجتمع، از طریق بازدید میدانی، عکس‌برداری و به ویژه نقشه‌های معماری اصلی پروژه جمع‌آوری شد. این داده‌ها شامل ابعاد دقیق قطعه زمین، موقعیت، ابعاد، ارتفاع و جزییات هندسی هر یک از ۱۴ بلوک ساختمانی و همچنین مشخصات فضای سبز و محوطه بود.

۳.۲. ابزارها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

فرآیند مدل‌سازی، شبیه‌سازی و تحلیل در این پژوهش، با استفاده از مجموعه‌ای از نرم‌افزارها و پلاگین‌های تخصصی به انجام رسید که هر یک وظیفه‌ای خاص را برعهده داشتند

- **مدل‌سازی سه‌بعدی:** نرم‌افزار Rhinoceros 3D **ورژن ۸** به عنوان محیط اصلی مدل‌سازی هندسی مورد استفاده قرار گرفت. دلیل انتخاب این نرم‌افزار، قدرت بالا در پردازش سطوح پیچیده NURBS و هماهنگی بی‌نظیر آن با پلاگین‌های تحلیل محیطی بود.
- **طراحی پارامتریک و تولید الگوریتمی:** پلاگین Grasshopper که به صورت الحاقی بر روی نرم‌افزار راینو نصب می‌شود، هسته اصلی چارچوب پارامتریک این پژوهش را تشکیل داد. کلیه عملیات تولید فرم، تعریف پارامترها و ایجاد ارتباط منطقی بین آن‌ها در این محیط انجام پذیرفت.
- **شبیه‌سازی و تحلیل انرژی و آسایش حرارتی:** از مجموعه پلاگین‌های Ladybug Tools (شامل Ladybug, Honeybee, Butterfly و...) که به صورت مستقیم به گراس‌هاپر متصل می‌شوند، استفاده شد. این پلاگین‌ها که موتورهای شبیه‌سازی EnergyPlus، Radiance و OpenFOAM را فرا می‌خوانند، امکان شبیه‌سازی پویا و بسیار دقیق شرایط محیطی را فراهم می‌آورند [۱۹].
- **تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودار:** پس از استخراج خروجی‌های شبیه‌سازی، از نرم‌افزار Microsoft Excel برای سازمان‌دهی داده‌ها، انجام محاسبات آماری اولیه و ترسیم نمودارها استفاده شد.

۴.۲. متغیرهای مستقل (پارامترهای طراحی مؤثر بر فرم)

براساس مطالعات گسترده پیشینه تحقیق [۲۲،۲۱،۲۰]، چهار پارامتر کلیدی به عنوان متغیرهای مستقل و مؤثر بر فرم و درنهایت برآسایش حرارتی فضای باز شناسایی و انتخاب شدند. این پارامترها مبنای تولید ۱۶ الگوی مختلف قرار گرفتند:

۱. **جهت‌گیری ساختمان**[1]: زاویه استقرار حجم ساختمان نسبت به شمال جغرافیایی.

۲. **تراکم و تخلخل**[2]: نحوه پراکنش توده‌ی ساختمانی در سایت و میزان فضاهای خالی بین آن‌ها.

۳. **نسبت سطح به حجم**[3]: نسبت مساحت نماهای خارجی به حجم کل ساختمان.

۴. **الگوی استقرار و ترکیب حجمی**[4]: شکل کلی حجم (مربع، مستطیل، L-shaped، حیاط مرکزی، برج پلکانی و ...) .

۵.۲. فرآیند تولید الگوهای فرمی

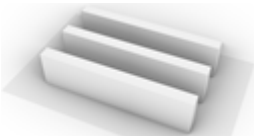
برای تولید الگوهای مختلف، یک «سیستم پارامتریک» در محیط گراس‌هاپر طراحی شد. در این سیستم، پارامترهای فوق به عنوان «ورودی‌های قابل تغییر» تعریف شدند. با تغییر مقادیر هر یک از این پارامترها و یا ترکیب آن‌ها، «خروجی‌های هندسی» جدیدی (فرم‌های جدید) تولید شد. درنهایت، ۱۶ الگوی کاملاً متمایز تولید گردید که طیف وسیعی از احتمالات فرمی را پوشش می‌دادند. این

1. Building Orientation
2. Density & Porosity
3. Surface-to-Volume Ratio
4. Massing & Configuration

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴
Urban managment
No.79 Summer 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

الگوها از فرم‌های ساده مکعبی تا فرم‌های پیچیده پلکانی و دارای حیاط مرکزی را شامل می‌شدند.

			
الگو شماره ۱	الگو شماره ۲	الگو شماره ۳	الگو شماره ۴
			
الگو شماره ۵	الگو شماره ۶	الگو شماره ۷	الگو شماره ۸
			
الگو شماره ۹	الگو شماره ۱۰	الگو شماره ۱۱	الگو شماره ۱۲
			
الگو شماره ۱۳	الگو شماره ۱۴	الگو شماره ۱۵	الگو شماره ۱۶

(شکل ۳) - الگوهای فرمی

۶.۲. متغیرهای وابسته و شاخص‌های ارزیابی عملکرد

عملکرد هر یک از ۱۶ الگوی فرمی تولید شده، براساس چهار شاخص کمی و بین‌المللی آسایش حرارتی فضای باز مورد ارزیابی قرار گرفت. این شاخص‌ها به عنوان متغیرهای وابسته پژوهش در نظر گرفته شدند:

- **دمای معادل فیزیولوژیک (PET):** این شاخص دما را در یک محیط استاندارد بدون باد و با رطوبت ۵۰٪ بیان می‌کند که فرد در آن، همان احساس حرارتی را دارد که در محیط واقعی دارد [۲۳].
- **میانگین آرای پیش‌بینی‌شده (PMV):** این شاخص که بر مبنای تعادل حرارتی بدن انسان توسعه‌یافته، احساس حرارتی اکثریت افراد را در یک مقیاس ۷ نقطه‌ای (از ۳+ بسیار گرم تا ۳- بسیار سرد) پیش‌بینی می‌کند [۲۴].
- **درصد نارضایتی پیش‌بینی‌شده (PPD):** این شاخص به صورت ریاضی از شاخص PMV استخراج می‌شود و درصد افرادی را که از شرایط حرارتی موجود ناراضی هستند، پیش‌بینی می‌کند [۲۵].
- **شاخص جهانی اقلیم حرارتی (UTCI):** این شاخص پیشرفته، پاسخ فیزیولوژیک بدن انسان به شرایط محیطی را با در نظر گرفتن دما، رطوبت، تابش و باد مدل می‌کند [۲۶].

فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴

Urban managment
No.79 Summer 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

(جدول ۱) میزان مطلوب شاخص‌های آسایش حرارتی

شاخص	واحد	بازه مطلوب (اکثر افراد)	بازه قابل‌قبول (برخی افراد)	بازه ناراحتی
PET Physiological Equivalent Temperature	C°	۱۵-۲۱	۱۲-۲۴	کمتر از ۱۲ یا بیشتر از ۲۴
PMV Predicted Mean Vote	ندارد	-۲ تا +۲	-۳ تا +۳	کمتر از -۳ یا بیشتر از +۳
PPD Predicted Percent Dissatisfied	درصد	کمتر از ٪۳۰	٪۶۰-۳۰	بیشتر از ٪۶۰
UTCI Universal Thermal Climate Index	C°	۱۸-۲۶	۱۵-۲۸	کمتر از ۱۵ یا بیشتر از ۲۸

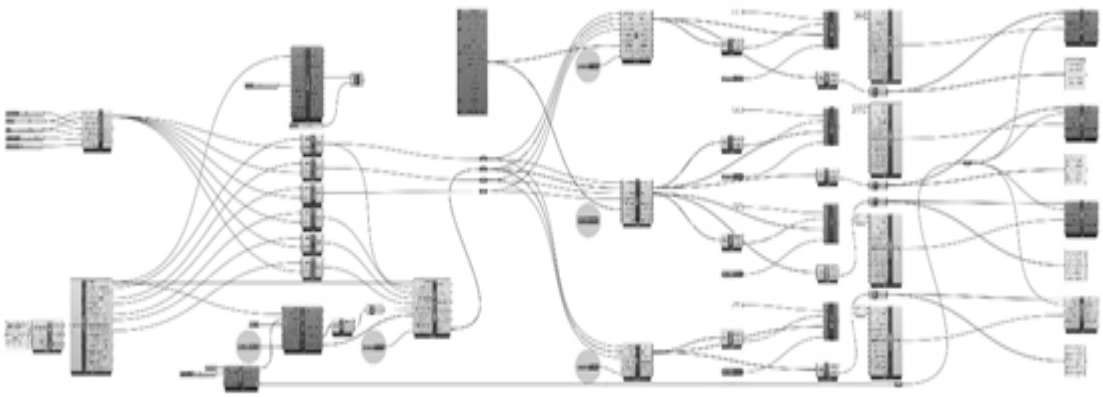
کلیه شبیه‌سازی‌ها برای یک فرد استاندارد (مرد، ۳۵ سال، وزن ۷۵ کیلوگرم، قد ۱۷۵ سانتیمتر) با نرخ متابولیسم ۱/۲ met (معادل قدم زدن آرام) و مقاومت پوشاک ۰/۵ (معادل لباس سبک تابستانی) و در بازه زمانی ساعات ۶ صبح تا ۱۹ عصر روز ۱ تیرماه ۱۴۰۳ (به عنوان روز اوج گرما) انجام شد.

۷.۲. روش‌های تحلیل داده‌ها

پس از اتمام شبیه‌سازی و استخراج داده‌های خام مربوط به شاخص‌های آسایش حرارتی برای هر ۱۶ الگو و همچنین وضعیت موجود، داده‌ها در محیط اکسل سازمان‌دهی شدند. برای تحلیل نتایج و مقایسه عملکرد الگوها، از روش‌های زیر استفاده شد:

- **آمار توصیفی:** محاسبه مقادیر میانگین، میانه، کمینه، بیشینه و انحراف معیار برای هر شاخص در هر الگو.
- **مقایسه تطبیقی:** مقایسه مقدار هر شاخص در الگوهای مختلف با یکدیگر و با «وضعیت موجود» به عنوان معیار پایه.
- **تحلیل گرافیکی:** ترسیم نمودارهای خطی برای نمایش تغییرات ساعتی شاخص‌ها و نمودارهای میله‌ای برای مقایسه میانگین آن‌ها.
- **تحلیل کیفی:** استنتاج اصول و راهکارهای طراحی از طریق مرتبط کردن ویژگی‌های فرمی هر الگو با عملکرد محیطی آن.

این فرآیند روش‌شناسی جامع، امکان پاسخگویی دقیق و مستند به سؤال پژوهش را با تکیه بر داده‌های کمی و کیفی فراهم ساخت.



(شکل ۴) - الگوریتم "تحلیل شاخص‌های پژوهش در فضای باز مجموعه" در محیط گرس‌هاپر

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴
Urban managment
No.79 Summer 2025

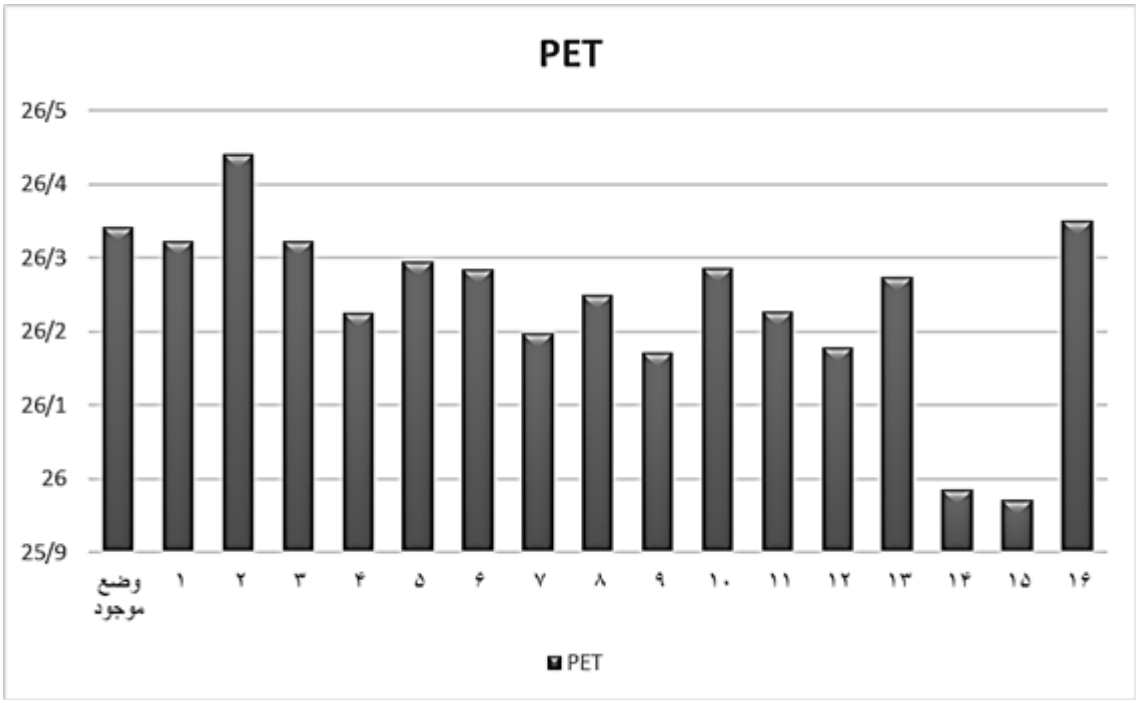
[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

۳. یافته‌ها

تحلیل داده‌های حاصل از شبیه‌سازی ۱۶ الگوی فرمی، یافته‌های غنی و چندبعدی را آشکار ساخت که در چهار بخش اصلی ارائه می‌گردند: ۱) ارزیابی عملکرد حرارتی الگوها، ۲) مقایسه تطبیقی با وضعیت موجود، ۳) تحلیل روندهای زمانی و ۴) استنتاج اصول طراحی.

۱. ارزیابی کمی عملکرد حرارتی الگوها

میانگین مقادیر شاخص‌های محاسبه‌شده در بازه زمانی ۶ صبح تا ۷ عصر روز موردمطالعه، نشان‌دهنده طیف قابل‌توجهی از عملکردهای محیطی بود. براساس شاخص PET، الگوها در سه دسته کلی طبقه‌بندی شدند:



(نمودار ۱) - مقایسه شاخص PET در الگوها

- **الگوهای با عملکرد مطلوب (۲۵/۹ ≤ PET ≤ ۲۶/۵):** این گروه که عمدتاً شامل الگوهای شماره ۱۵، ۱۴، ۱۶ و ۱۰ بودند، توانسته بودند با ایجاد سایه‌اندازی مناسب و تسهیل تهویه طبیعی، دمای معادل فیزیولوژیک را در محدوده آسایش یا نزدیک به آن حفظ کنند. الگوی شماره ۱۵ (برج‌های پلکانی با کشیدگی شمالی-جنوبی) با میانگین **۲۵/۹۶ درجه سانتی‌گراد**، بهترین عملکرد را داشت.

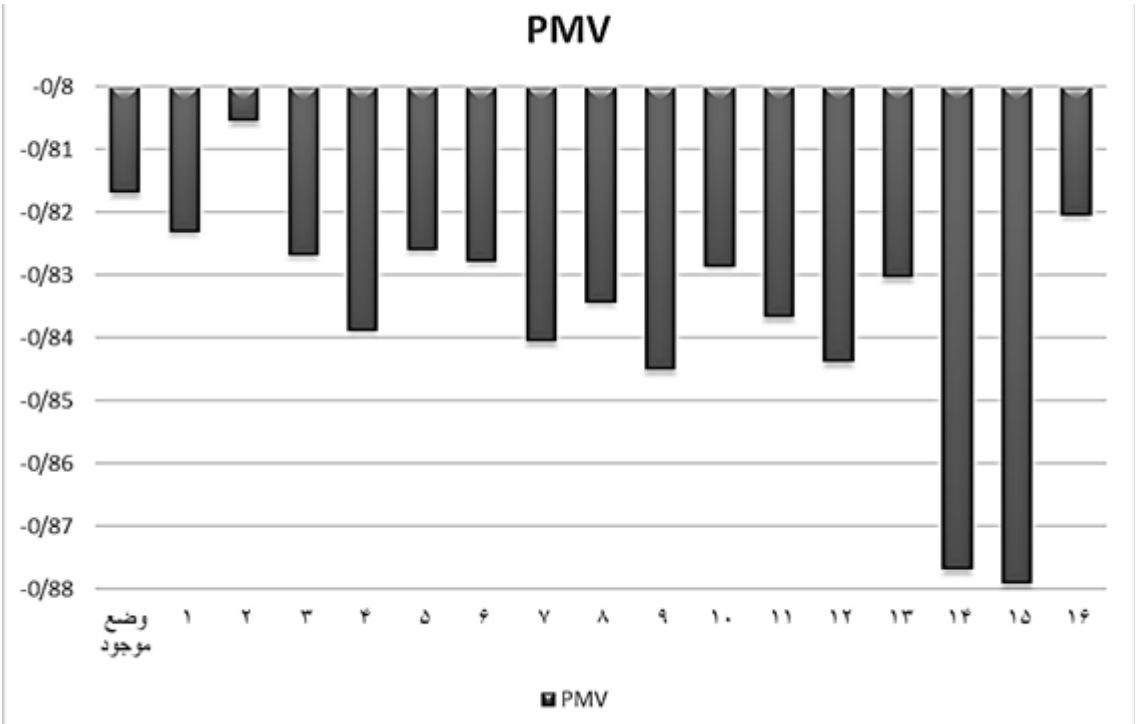
- **الگوهای با عملکرد متوسط (۲۶/۸ ≤ PET < ۲۶/۵):** شمار زیادی از الگوها، از جمله الگوهای ۵، ۷ و ۱۱ در این محدوده قرار گرفتند. این الگوها اگرچه از وضعیت موجود بهتر بودند، اما نتوانسته بودند به‌طور کامل به محدوده ایده‌آل دست یابند.

- **الگوهای با عملکرد نامطلوب (PET۲۶/۸ <):** الگوهای شماره ۱ (حیاط مرکزی بسته) و ۳ (چیدمان فشرده شمالی - جنوبی) با میانگین PET بالاتر از ۲۶/۸ درجه، بدترین عملکرد را نشان دادند که دلیل اصلی آن، محصور بودن فضا و جلوگیری از جریان یافتن باد بود.

براساس شاخص PMV، تمامی الگوها در بازه ۰/۸- تا ۰/۸۴- قرار گرفتند که نشان‌دهنده احساس خنکی ملایم تا خنثی در استفاده‌کنندگان از فضا است. بهترین مقدار مربوط به الگوی ۱۵ با **۰/۸۸-** و بدترین مقدار مربوط به الگوی ۱ با **۰/۸۰-** بود. این نتایج همسو با مطالعات النباوی و حمزه (۲۰۱۹) است که بر اهمیت تهویه و حرکت هوا در ایجاد احساس آسایش حتی در دماهای نسبتاً بالا تأکید دارند [۲۷].

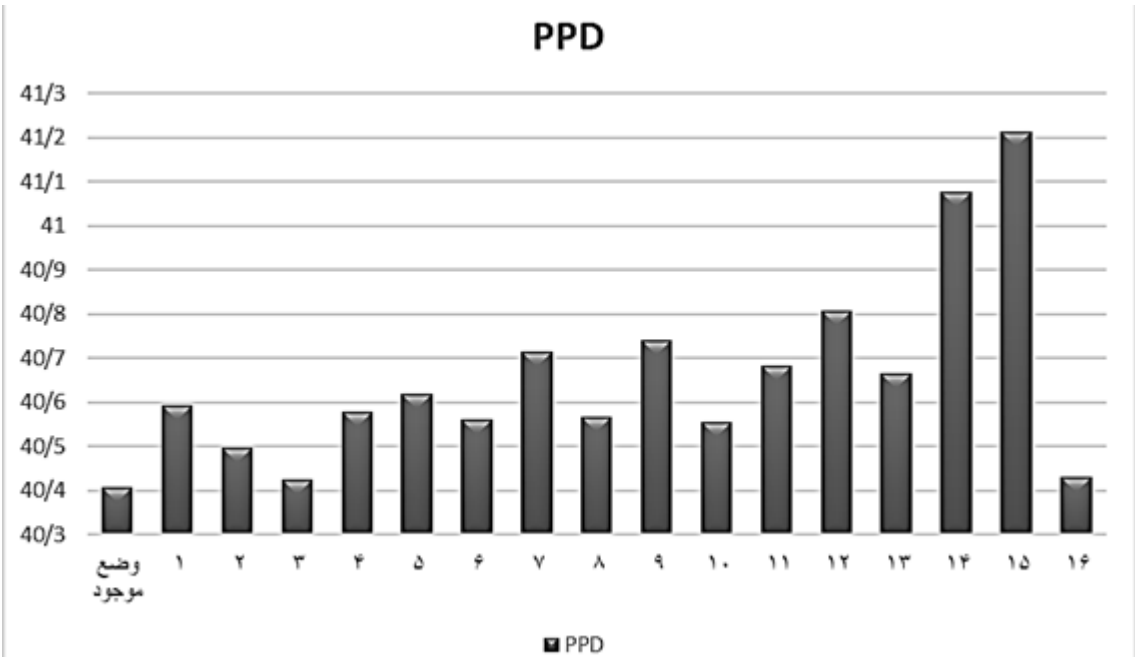
مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴
Urban managment
No.79 Summer 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]



(نمودار ۲) - مقایسه شاخص PMV در الگوها

شاخص PPD نیز به‌طور مستقیم از مقادیر PMV تبعیت کرد. کمترین درصد نارضایتی (حدود ۲۱٪) مربوط به الگوی ۱۵ و بیشترین آن (حدود ۲۴٪) مربوط به الگوی ۱ بود. اگرچه این اعداد در محدوده قابل‌قبول (کمتر از ۳۰٪) قرار دارند، اما اختلاف ۳ درصدی بین بهترین و بدترین حالت، از نظر آماری و در مقیاس کلان‌شهری بسیار معنادار است.

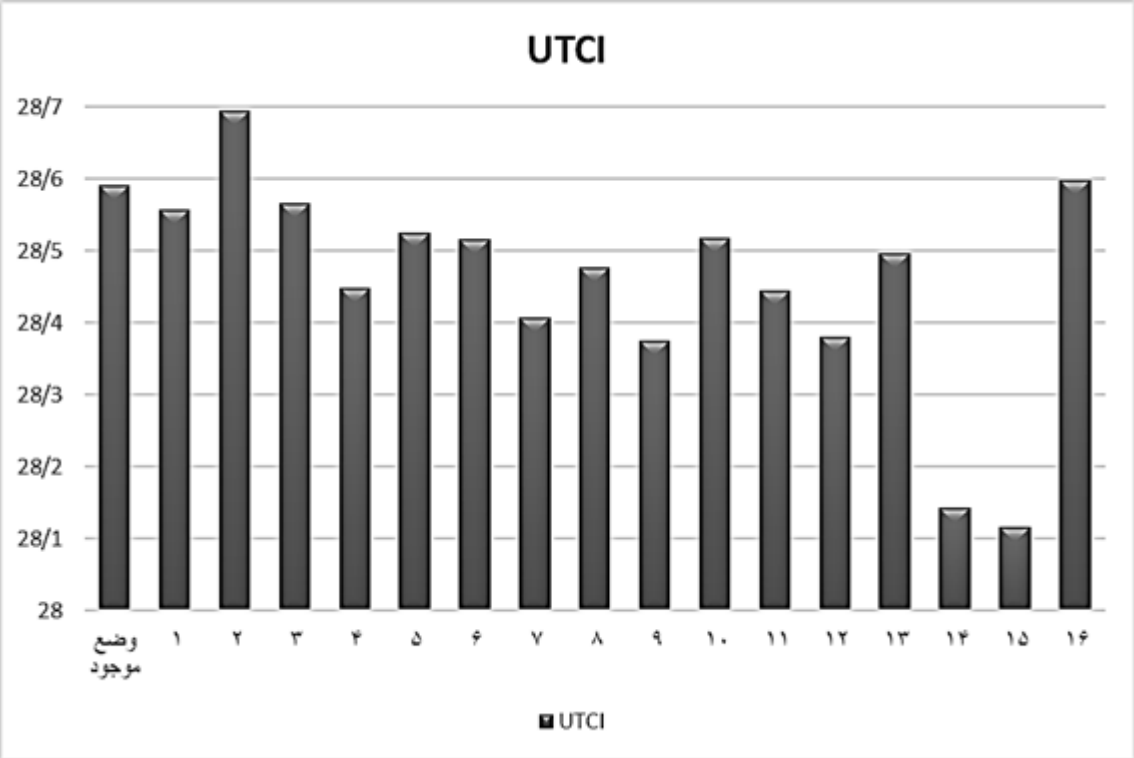


(نمودار ۳) - مقایسه شاخص PPD در الگوها

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴
Urban managment
No.79 Summer 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

شاخص UTCI نیز که تأثیر ترکیبی همه عوامل را مدل می‌کند، کاملاً نتایج شاخص PET را تأیید نمود. الگوی ۱۵ با میانگین UTCI برابر با **۲۵/۸ C°** و الگوی ۱ با میانگین **۲۶/۴ C°**، به ترتیب بهترین و بدترین عملکرد را ثبت کردند.



(نمودار ۴) - مقایسه شاخص UTCI در الگوها

مدیریت شهری

فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴

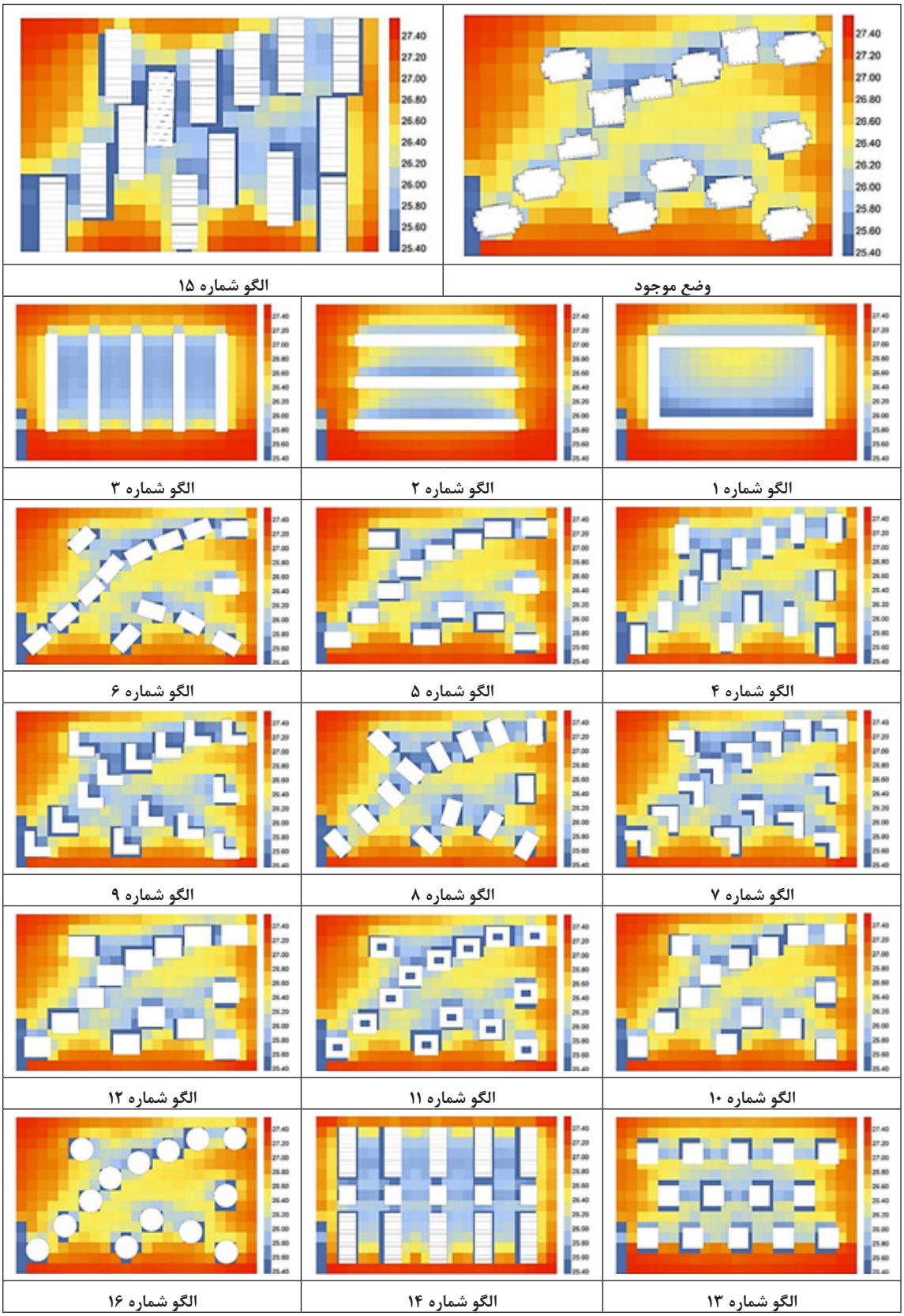
Urban managment
No.79 Summer 2025

۲. مقایسه تطبیقی با وضعیت موجود

مقایسه کمی الگوهای پیشنهادی با «وضعیت موجود» مجتمع بهجت‌آباد، برتری چشمگیر چارچوب پارامتریک را به وضوح نشان داد. میانگین شاخص PET در وضعیت موجود **۲۶/۴۴ درجه سانتی‌گراد** محاسبه شد. این در حالی است که **۱۲ الگو از ۱۶ الگوی** پیشنهادی، عملکرد بهتری نسبت به وضعیت موجود داشتند.

الگوی بهینه (شماره ۱۵) توانست به **بهبودی معادل ۰/۴۸ درجه سانتی‌گراد** در شاخص PET دست یابد. از منظر شاخص PMV نیز، الگوی ۱۵ موجب بهبود ۰/۰۸ واحدی (از ۰/۸۰- به ۰/۸۸-) نسبت به وضعیت موجود شد. این بهبودهای عددی، هرچند به ظاهر کوچک، از منظر آسایش حرارتی و همچنین از نظر کاهش بار سرمایشی ساختمان‌های مجاور، دارای تأثیرات بسیار عملی و قابل‌توجهی هستند [۲۸، ۲۹]. نقشه‌های حرارتی پهنه‌بندی شده به وضوح کاهش چشمگیر نقاط با تنش گرمایی شدید (به رنگ قرمز) و گسترش پهنه‌های آسایش (به رنگ آبی) را در الگوی ۱۵ در مقایسه با وضعیت موجود نشان می‌دهند.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]



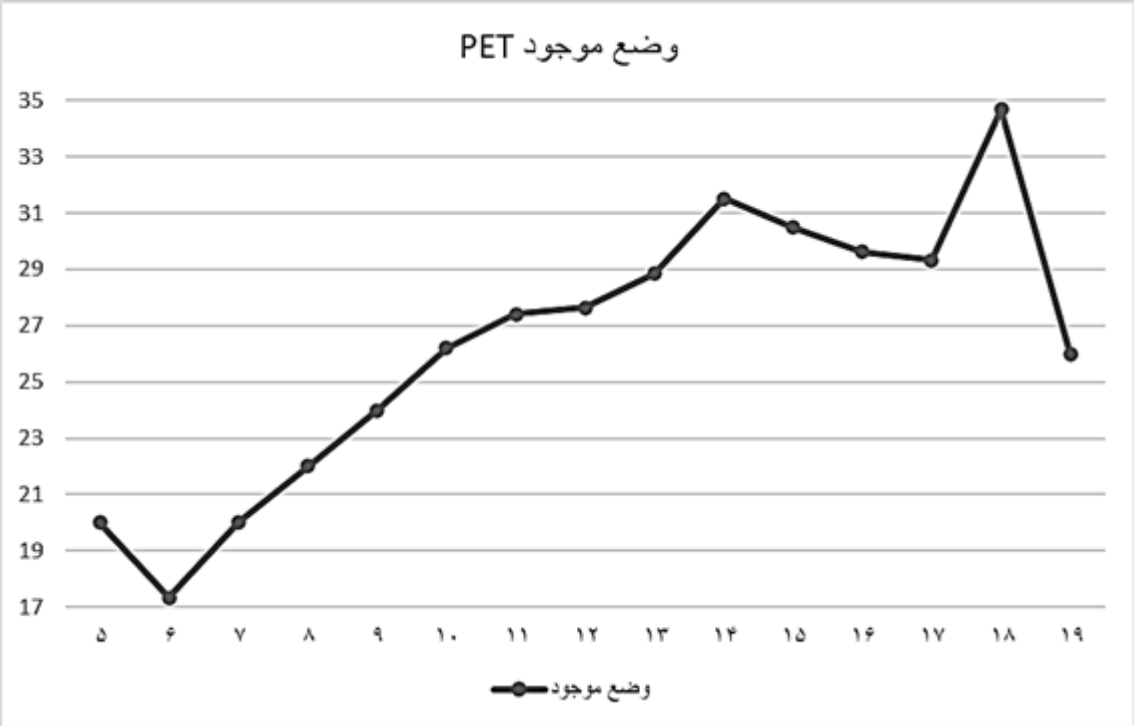
(شکل ۵) - نقشه حرارتی شاخص PET وضع موجود و الگوهای فرمی

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴
Urban managment
No.79 Summer 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

۳. تحلیل روندهای زمانی و تغییرات ساعتی

تحلیل خروجی‌های ساعتی شبیه‌سازی، بینش عمیق‌تری از رفتار حرارتی الگوها در طول روز ارائه داد. نمودار تغییرات ساعتی شاخص PET برای تمامی الگوها روندی کم‌وبیش مشابه را نشان می‌داد: کاهش دما در صبح زود، رسیدن به اوج گرمایش بین ساعات ۱۳ تا ۱۸ و سپس کاهش تدریجی دما تا عصر.



(نمودار ۵) - تحلیل روندهای زمانی و تغییرات ساعتی شاخص PET

- با این حال، دامنه نوسانات دما در الگوهای مختلف، کاملاً متفاوت بود. الگوهای بهینه مانند شماره ۱۵، نه‌تنها میانگین دمای پایین‌تری داشتند، بلکه دامنه نوسان دمایی آن‌ها در طول روز نیز به مراتب کمتر بود. این بدان معناست که این الگوها توانسته بودند علاوه بر کاهش دما، شرایط پایدارتر و قابل پیش‌بینی‌تری را نیز ایجاد کنند که خود عاملی کلیدی در افزایش آسایش ذهنی استفاده‌کنندگان از فضا است [۳۰]. در نقطه مقابل، الگوهای با عملکرد ضعیف (مانند الگوی ۱) هم میانگین دمای بالاتر و هم نوسانات حرارتی شدیدتری را تجربه می‌کردند.

۴. استنتاج اصول و راهکارهای طراحی از یافته‌ها

با تحلیل همبستگی بین ویژگی‌های کالبدی هر الگو و عملکرد محیطی آن، می‌توان اصول طراحی زیر را استخراج نمود:

- **اولویت کشیدگی شمالی - جنوبی:** الگوهای با کشیدگی محوری در راستای شمالی-جنوبی (مانند ۱۰،۱۴،۱۵) به‌طور سیستماتیک عملکرد بهتری نسبت به الگوهای با کشیدگی شرقی-غربی (مانند ۲، ۵) داشتند. این یافته که با نتایج ژانگ و گائو (۲۰۲۱) همسوست [۳۱]، به دلیل دریافت تابش مایل و مفید در زمستان و اجتناب از تابش شدید و مستقیم شرقی و غربی در تابستان است.
- **اهمیت تخلخل و نفوذپذیری:** برتری قاطع الگوهای باز و متخلخل (مانند ۱۶،۱۵) برالگوهای بسته و فشرده (مانند ۳،۱) به وضوح نشان‌دهنده اهمیت حیاتی «نفوذپذیری باد» در خنک‌سازی محیط است. این اصل به‌خصوص در اقلیم گرم و خشک تهران که از بادهای مطبوع برخوردار است، از نهایت اهمیت برخوردار می‌باشد [۳۲].

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

- **کارایی فرم‌های پلکانی:** عملکرد بسیار مطلوب الگوی شماره ۱۵ (برج‌های پلکانی) نشان می‌دهد که این فرم‌ها می‌توانند با کاهش سایه‌اندازی مخرب بلوک‌ها بر روی یکدیگر و همچنین افزایش سطح در معرض باد، به‌طور هم‌زمان به بهبود شرایط تابش و تهویه کمک شایانی کنند. این یافته، کاربردپذیری مطالعات یاسا (۲۰۱۷) در مورد تأثیر ارتفاع پلکانی برآسایش در سطح عابر را تأیید می‌کند [۳۳].
- **تنظیم مقیاس انسانی فضاها:** الگوهایی که فضاهای میانی با ابعاد و مقیاس انسانی‌تری ایجاد کرده بودند (نه خیلی باز و نه خیلی محصور)، از نظر شاخص‌های ذهنی مانند PMV عملکرد بهتری داشتند. این موضوع اهمیت توجه به ابعاد روان‌شناختی و ادراکی فضاها را در کنار عوامل فیزیکی خرداقلیمی نشان می‌دهد [۳۴,۳۵].

این یافته‌ها به‌طور جامع نشان می‌دهند که چگونه یک چارچوب پارامتریک می‌تواند نه‌تنها به بهینه‌سازی کمی فرم بینجامد، بلکه اصول کیفی و راهکارهای عملیاتی ارزشمندی را در اختیار طراحان و برنامه‌ریزان شهری قرار دهد. نتایج این پژوهش، پلی بین پژوهش‌های بنیادی در حوزه اقلیم‌شناسی شهری [۳۶] و عمل طراحی در استودیوهای معماری ایجاد می‌کند.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش به وضوح نشان داد که «انتخاب فرم ساختمان» به عنوان یک متغیر مستقل قدرتمند، تأثیر غیرقابل انکاری بر میکرواقلیم محلی و آسایش حرارتی فضای باز دارد. برتری آشکار الگوهای با کشیدگی شمالی-جنوبی (مانند الگوی ۱۵) کاملاً با یافته‌های مطالعات پیشین همسو است. به عنوان مثال، ژانگ و همکاران (۲۰۲۲) نیز در مطالعه‌ای در پکن به این نتیجه رسیدند که بلوک‌های با کشیدگی شمالی-جنوبی به دلیل دریافت تابش مایل و متعادل‌تر، در مقایسه با کشیدگی شرقی-غربی، عملکرد حرارتی به مراتب بهتری دارند [۲]. این موضوع به دلیل اجتناب از تابش شدید و مستقیم شرقی و غربی در ساعات اوج گرمایش است که در اقلیم نیمه‌خشک تهران از اهمیت حیاتی برخوردار است.

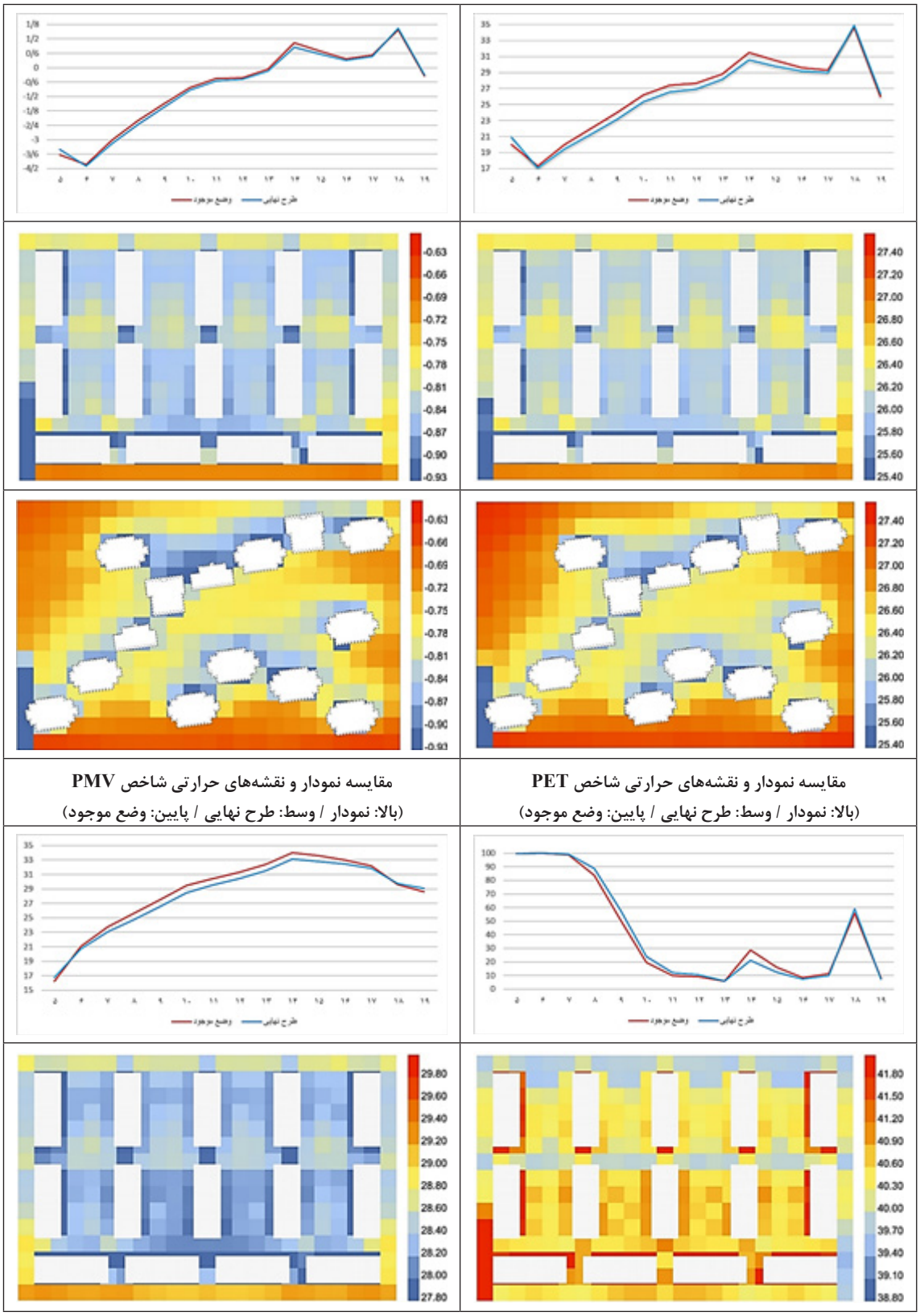
همچنین، عملکرد ضعیف الگوهای فشرده و بسته (مانند الگوی ۱ با حیاط مرکزی بسته) در ایجاد نقاط راکد گرمایی، یافته‌های محققانی چون Abdollahzadeh و Bi-loria (۲۰۲۲) را تأیید می‌کند که بر لزوم «نفوذپذیری باد» در مقیاس محله‌ای برای کاهش اثر جزیره گرمایی شهری تأکید دارند [۴]. این پژوهش با کمّی‌سازی این اثر (۰.۴۸ درجه سانتی‌گراد بهبود PET در بهینه‌ترین حالت) گام بلندی در جهت عینی‌سازی مباحث کیفی مطرح شده در ادبیات موضوع برداشته است.

یافته کلیدی این پژوهش مبنی بر برتری فرم‌های پلکانی (الگوی ۱۵)، اگرچه در راستای مطالعاتی مانند Yasa (۲۰۱۷) است [۶]، اما از دو جنبه آن را بهبود می‌بخشد: اولاً، این مطالعه مکانیسم تأثیر این فرم‌ها را به صورت هم‌زمان بر «دو متغیر» تابش و تهویه بررسی کرده و نشان داده است که این فرم‌ها نه‌تنها با کاهش سایه‌اندازی مخرب، تابش را مدیریت می‌کنند، بلکه با افزایش سطح مواجهه با باد، تهویه طبیعی را نیز تسهیل می‌نمایند. ثانیاً، این پژوهش این یافته را در یک بافت واقعی و با همه پیچیدگی‌های آن (و نه یک نمونه ایده‌آل) به اثبات رسانده که این امر، اعتبار و قابلیت اجرایی یافته‌ها را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد.

از سوی دیگر، یافته این پژوهش در مورد اهمیت «تخلخل» و «فضاهای باز میانی» همسو با دیدگاه‌های Yeganeh (۲۰۲۰) در مورد «یکپارچگی بین ساختمان و شهر» است [۳۷]. این پژوهش با ارائه کمّی شاخص‌هایی مانند PET و PMV، مبانی علمی محکمی برای تئوری مطرح شده توسط یگانه فراهم می‌آورد و نشان می‌دهد که طراحی این فضاهای میانی تنها یک انتخاب زیبایی‌شناختی نیست، بلکه یک ضرورت محیطی برای پایداری شهری است.

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴
Urban managment
No.79 Summer 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]



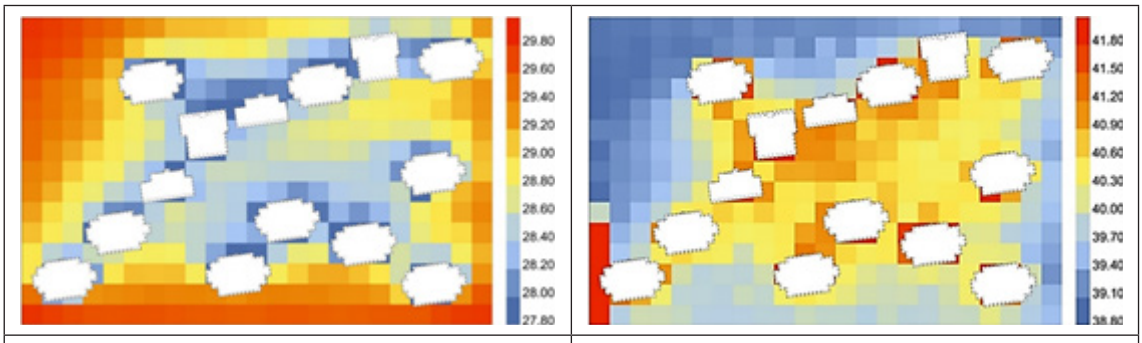
مقایسه نمودار و نقشه‌های حرارتی شاخص PET
(بالا: نمودار / وسط: طرح نهایی / پایین: وضع موجود)

مقایسه نمودار و نقشه‌های حرارتی شاخص PMV
(بالا: نمودار / وسط: طرح نهایی / پایین: وضع موجود)

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴

Urban managment
No.79 Summer 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]



مقایسه نمودار و نقشه‌های حرارتی شاخص PPD
(بالا: نمودار / وسط: طرح نهایی / پایین: وضع موجود)

مقایسه نمودار و نقشه‌های حرارتی شاخص UTCI
(بالا: نمودار / وسط: طرح نهایی / پایین: وضع موجود)

(شکل ۶) - مقایسه نمودار و نقشه‌های حرارتی شاخص‌های PET و PMV و PPD و UTCI

مکانیسم‌های اصلی که از طریق آن‌ها فرم ساختمان برآسایش حرارتی تأثیر می‌گذارد، براساس یافته‌های این پژوهش را می‌توان به شرح زیر تبیین نمود:

- **مکانیسم کنترل تابش:** فرم ساختمان با تعیین زاویه برخورد سطوح با اشعه خورشید، میزان جذب انرژی حرارتی را کنترل می‌کند. فرم‌های بهینه (مانند الگوی ۱۵) با به حداقل رساندن سطح در معرض تابش شدید ساعات میانی روز، بار گرمایی وارده به فضاهای باز و نماها را به‌طور سیستماتیک کاهش می‌دهند.
- **مکانیسم هدایت و تسهیل جریان باد:** تخلخل و نحوه استقرار توده‌های ساختمانی، الگوی جریان باد در سطح عابر پیاده را شکل می‌دهد. فرم‌های باز (مانند الگوی ۱۶) با ایجاد کانال‌های عبوری برای باد، نه‌تنها به خنک‌سازی مستقیم از طریق اتلاف حرارت همرفتی کمک می‌کنند، بلکه با افزایش میزان تبخیر از سطح پوست، احساس آسایش حرارتی را نیز بهبود می‌بخشند [۳۸].
- **مکانیسم ایجاد سایه:** هندسه و ارتفاع ساختمان، الگوی سایه‌اندازی در طول روز را تعیین می‌کند. فرم‌های پلکانی با توزیع بهینه حجم، از ایجاد سایه‌های بزرگ و یکنواخت (که می‌تواند در زمستان مضر باشد) جلوگیری کرده و در عین حال، سایه‌های متحرک و مطلوبی را در تابستان ایجاد می‌کنند.

یافته‌های این پژوهش دارای کاربردهای عملی متعددی برای ذی‌نفعان مختلف است:

- **برای معماران و شهرسازان:** چارچوب پارامتریک ارائه شده را می‌توان به عنوان یک «جعبه ابزار تصمیم‌گیری» در مراحل اولیه طراحی، به ویژه در مرحله جانمایی و تعیین فرم اولیه بلوک‌ها، مورد استفاده قرار داد. طراحان می‌توانند با تعریف پارامترهای پروژه خود در این چارچوب، در کوتاه‌ترین زمان، گزینه‌های بهینه را شناسایی کرده و از اتکای صرف به شهود و تجربه شخصی فراتر روند.
- **برای شهرداری‌ها و نهادهای قانون‌گذار:** نتایج این پژوهش می‌تواند مبنای علمی برای تدوین «ضوابط و آیین‌نامه‌های مبتنی بر عملکرد» (Performance-Based Codes) قرار گیرد. به جای تعیین مقررات سخت‌گیرانه و تجویزی، می‌توان به طراحان این آزادی عمل را داد که به هر روشی که می‌خواهند به اهداف مشخص شده در زمینه آسایش حرارتی و مصرف انرژی دست یابند.
- **برای توسعه‌دهندگان:** بهبود آسایش حرارتی فضای باز، به‌طور مستقیم بر «مطلوبیت» و در نتیجه «ارزش اقتصادی» پروژه‌های مسکونی و تجاری می‌افزاید. سرمایه‌گذاری بر روی طراحی هوشمندانه فرم، می‌تواند به عنوان یک مزیت رقابتی و عاملی برای بازگشت سرمایه در بلندمدت عمل کند.

۶. محدودیت‌های پژوهش و پیشنهادهایی برای مطالعات آتی

اگرچه این پژوهش گام مهمی در راستای یکپارچه‌سازی طراحی پارامتریک و آسایش حرارتی برداشته است، اما دارای محدودیت‌هایی است که راه را برای تحقیقات آینده باز می‌کند:

- **محدودیت اقلیمی:** این مطالعه تنها در یک اقلیم خاص (نیمه‌خشک تهران) انجام شده است. پیشنهاد

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴
Urban managment
No.79 Summer 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

می‌شود کارایی چارچوب پیشنهادی در اقلیم‌های مختلف ایران (مانند گرم و مرطوب شمال یا سرد و کوهستانی غرب) نیز مورد آزمون قرار گیرد [۳۹].

- **تأثیر پوشش گیاهی و مصالح:** در این مرحله، تأثیر پوشش گیاهی و نوع مصالح نما به عنوان متغیرهای ثابت در نظر گرفته شدند. مطالعه تأثیر متقابل این متغیرها با فرم ساختمان، می‌تواند موضوع پژوهشی بسیار غنی و ضروری باشد [۴۰].
- **معیارهای چندگانه:** این پژوهش عمدتاً بر روی آسایش حرارتی متمرکز بود. ادغام معیارهای دیگر همچون «مصرف انرژی کل ساختمان»، «تولید انرژی تجدیدپذیر» (مانند نصب صفحات خورشیدی) و «آسایش بصری» در چارچوب بهینه‌سازی چندهدفه، پیشنهاد دیگری برای مطالعات آینده است [۲۸].
- **اعتبارسنجی میدانی:** اگرچه شبیه‌سازی‌های انجام شده از دقت بالایی برخوردارند، اما اندازه‌گیری‌های میدانی و تکمیل پرسشنامه‌های آسایش ذهنی از ساکنین، می‌تواند اعتبار نتایج را تا حد زیادی افزایش دهد.

۷. نتیجه‌گیری نهایی

این پژوهش موفق به توسعه و اعتبارسنجی یک چارچوب پارامتریک یکپارچه برای بهینه‌سازی فرم ساختمان با هدف بهبود خرداقلیم و آسایش حرارتی فضای باز در بافت‌های متراکم شد. یافته‌ها به وضوح نشان داد که چگونه انتخاب هوشمندانه پارامترهای فرمی می‌تواند منجر به بهبود کمّی و کیفی قابل اندازه‌گیری در محیط شهری شود. برتری الگوهای با کشیدگی شمالی - جنوبی، تخلخل بالا و فرم پلکانی، به عنوان اصلی‌ترین راهکار طراحی استخراج گردید

این پژوهش عملاً نشان می‌دهد که دیگر نمی‌توان طراحی فرم را صرفاً به عنوان یک تصمیم زیبایی‌شناختی یا صرفاً تابعی از حداکثرسازی تراکم در نظر گرفت. فرم، یک ابزار کارآمد و قدرتمند برای معمار معاصر است تا بتواند پاسخی مسئولانه‌تر به چالش‌های محیطی و اجتماعی عصر حاضر دهد. چارچوب ارائه شده در این تحقیق، پلی بین دانش تخصصی شبیه‌سازی محیطی و فرآیند خلاقانه طراحی زده و راه را برای خلق شهرهای پایدارتر، انعطاف‌پذیرتر و انسان‌محورتر هموار می‌سازد.

منابع

1. Ren, J., Shi, K., Li, Z., Kong, X., & Han, M. (2023). A review on the impacts of urban heat islands on outdoor thermal comfort. Buildings, 13(1), 236. doi:10.3390/buildings13068. doi: 10.3390/buildings13061368.
2. Zhang, J., Li, Z., Wei, Y., & Hu, D. (2022). The impact of the building morphology on microclimate and thermal comfort-a case study in Beijing. Building and Environment, 216, 109016. doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109469
3. Sun, R., Liu, J., Lai, D., & Liu, W. (2023). Building form and outdoor thermal comfort: Inverse design the microclimate of outdoor space for a kindergarten. Energy and Buildings, 285, 112875. doi: 10.1016/j.enbuild.2023.112824
4. Abdollahzadeh, N., & Biloria, N. (2022). Urban microclimate and energy consumption: A multi-objective parametric urban design approach for dense subtropical cities. Frontiers of Architectural Research, 11(3), 539-553. doi: 10.1016/j.foar.2022.02.001.
5. Yasa, E. (2017). Microclimatic comfort measurements evaluation of building physics: The effect of building form and building settled area, on pedestrian level comfort around buildings. Journal of Building Physics, 41(3), 247-271. doi: 10.1177/1744259115621979
6. Yasa, E. (2016). Computational evaluation of building physics—The effect of building form and settled area, microclimate on pedestrian level comfort around buildings. Building Simulation, 9, 489–502. doi: 10.1007/s12273-016-0277-4.
7. Boccalatte, A., Fossa, M., Gaillard, L., & Menezo, C. (2020). Microclimate and urban morphology effects on building energy demand in different European cities. Energy and Buildings, 224, 110129. doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110129.
8. Zhang, M., & Gao, Z. (2021). Effect of urban form on microclimate and energy loads: Case study of generic residential district prototypes in Nanjing, China. Sustainable Cities and Society, 64, 102526. doi:10.1016/j.scs.2021.102930.
9. Kabošová, L., Katunský, D., & Kmet, S. (2020). Wind-based parametric design in the changing climate. Applied Sciences, 10(18), 6391. doi: 10.3390/app10238603.
10. Galal, O. M., Mahmoud, H., & Sailor, D. J. (2020). Impact of evolving building morphology on microclimate in a hot arid climate. Sustainable Cities and Society, 54, 102011. doi: 10.1016/j.scs.2019.102011.
11. Aghamolaei, R., Azizi, M. M., Aminzadeh, B., & O'Donnell, J. (2022). A comprehensive review of outdoor thermal comfort in urban ar-

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

eas: Effective parameters and approaches. Sustainable Cities and Society, 101, 105077. doi: 10.1177/0958305X221116176.

12. Elnabawi, M. H., & Hamza, N. (2019). Behavioural perspectives of outdoor thermal comfort in urban areas: A critical review. Atmosphere, 10(1), 51. doi: 10.3390/atmos11010051.

13. Zhao, L., Zhou, X., Li, L., He, S., & Chen, R. (2016). Study on outdoor thermal comfort on a campus in a subtropical urban area in summer. Sustainable Cities and Society, 26, 84-92. doi: 10.1016/j.scs.2016.02.009.

14. Nazarian, N., Fan, J., Sin, T., & Norford, L. (2017). Predicting outdoor thermal comfort in urban environments: A 3D numerical model for standard effective temperature. Urban Climate, 22, 33-45.doi: 10.1016/j.uclim.2017.04.011.

15. Lau, K. K. L., & Choi, C. Y. (2021). The influence of perceived aesthetic and acoustic quality on outdoor thermal comfort in urban environment. Building and Environment, 206, 108307.doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108333.

16. Jing, W., Qin, Z., Mu, T., Ge, Z., & Ding, Y. (2024). Evaluating thermal comfort indices for outdoor spaces on a university campus. Scientific Reports, 14, 4895. doi: 10.1038/s41598-024-71805-5.

17. Nazarian, N., Acero, J. A., & Norford, L. (2019). Outdoor thermal comfort autonomy: Performance metrics for climate-conscious urban design. Building and Environment, 162, 106282. doi:10.10.16/j.buildenv.2019.03.028.

18. Lau, K. K. L., Chung, S. C., & Ren, C. (2019). Outdoor thermal comfort in different urban settings of sub-tropical high-density cities: An approach of adopting local climate zone (LCZ) classification. Building and Environment, 154, 227-238. soi:10.1016/j.buildenv.2019.03.005

19. Zhang, L., Wei, D., Hou, Y., Du, J., & Liu, Z. (2020). Outdoor thermal comfort of urban park—a case study. Sustainability, 12(5), 1961. doi:10.3390/su12051961.

20. Karimi, A., Bayat, A., Mohammadzadeh, N., Mohajerani, M., & Yeganeh, M. (2023). Microclimatic analysis of outdoor thermal comfort of high-rise buildings with different configurations in Tehran: Insights from field surveys and thermal comfort indices. Building and Environment, 240, 110445. doi:10.1016/jbuildenv.2023.110445.

21. Motie, M. B., Yeganeh, M., & Bemanian, M. (2023). Assessment of greenery in urban canyons to enhance thermal comfort & air quality in an integrated seasonal model. Applied Geography, 151, 102861. doi:10.1016/j.apgeog.2022.102861

22. Heydari, T., Yeganeh, M., & Pourmahabadian, E. (2025). Evaluation of the role of green walls in enhancing outdoor thermal comfort in different morphologies of building blocks. Frontiers in Sustainable Cities, 7, 1519375. doi: 10.3389/frsc.2025.1519375

23. Ahmadi, S., Yeganeh, M., Motie, M. B., & Gilandoust, A. (2022). The role of neighborhood morphology in enhancing thermal comfort and resident's satisfaction. Energy Reports, 8, 9046-9056. doi: 10.1016/j.egyr.2022.07.042

24. Kandelan, S. N., Yeganeh, M., Peyman, S., Panchabikesan, K., & Eicker, U. (2022). Environmental study on greenery planning scenarios to improve the air quality in urban canyons. Sustainable Cities and Society, 83, 103993. doi: 10.1016/j.scs.2022.103993

25. Karimian Shamsabadi, M., Yeganeh, M., & Pourmahabadian, E. (2022). Urban buildings configuration and pollutant dispersion of PM 2.5 particulate. Frontiers in Sustainable Food Systems, 6, 939339. doi: 10.3389/fsufs.2022.898549

26. Goharian, A., Daneshjoo, K., Shaeri, J., Mahdavinejad, M., & Yeganeh, M. (2023). A designerly approach to daylight efficiency of central light-well; combining manual with NSGA-II algorithm optimization. Energy, 276, 127402. doi:10.1016/j.energy.2023.127402

27. Goharian, A., Daneshjoo, K., & Yeganeh, M. (2022). Standardization of methodology for optimizing the well aperture as device (reflector) for light-wells; A novel approach using Honeybee & Ladybug plugins. Energy Reports, 8, 3096-3114. doi:10.1016/j.egyr.2022.01.176.

28. Ghasaban, M., Yeganeh, M., & Irani, M. (2025). Optimizing daylight, sky view and energy production in semi-transparent photovoltaic facades of office buildings: A comparative study in four climate zones. Applied Energy, 377, 124707.doi:10.1016/j.apenergy.2024.124707

29. Ghasaban, M., Yeganeh, M., & Mirjalili, P. (2025). Integration of building envelope with open spaces and greenery to enhance thermal and visual comfort and energy efficiency in office buildings. Results in Engineering, 25, 103660. doi:10.1016/j.rineng.2024.103660

30. Ghasaban, M., & Yeganeh, M. (2024). A designerly approach to a novel method for combining closed and semi-open spaces in a mid-rise office building envelope to improve energy efficiency and thermal comfort. Energy and Buildings, 322, 114619.doi: 10.1016/j.enbui.ld.2024.114619

31. Sharbafian, M., Yeganeh, M., & Motie, M. B. (2024). Evaluation of shading of green facades on visual comfort and thermal load of the buildings. Energy and Buildings, 317, 114303. doi: 10.1016/j.enbuild.2024.114303

32. Yeganeh, M. (2020). Conceptual and theoretical model of integrity between buildings and city.

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]

Sustainable Cities and Society, 59, 102205. doi: 10.1016/j.scs.2020.102205

33. Yeganeh, M., & Kamalizadeh, M. (2018). Territorial behaviors and integration between buildings and city in urban public spaces of Iran's metropolises. Frontiers of Architectural Research, 7(4), 588-599. doi: 10.1016/j.foar.2018.06.004
34. Zare, Z., Yeganeh, M., & Dehghan, N. (2022). Environmental and social sustainability automated evaluation of plazas based on 3D visibility measurements. Energy Reports, 8, 6280-6300. doi: 10.1016/j.egyr.2022.04.064
35. Hosseini Alamdari, A., Daneshjoo, K., & Yeganeh, M. (2022). New algorithms for generating isovist field and isovist measurements. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 49(9), 2331-2344. doi: 10.1177/23998083221083680
36. Norouzi, M., Yeganeh, M., & Yusaf, T. (2021). Landscape framework for the exploitation of renewable energy resources and potentials in urban scale (case study: Iran). Renewable Energy, 163, 300-319. doi:10.1016/j.renene.2020.08.051
37. Motevalian, N., & Yeganeh, M. (2020). Visually meaningful sustainability in national monuments as an international heritage. Sustainable Cities and Society, 60, 102207. doi: 10.1016/j.scs.2020.102207
38. Ashtari, B., Yeganeh, M., Bemanian, M., & Vojdani Fakhr, B. (2021). A conceptual review of the potential of cool roofs as an effective passive solar technique: elaboration of benefits and drawbacks. Frontiers in Energy Research, 9, 738182. doi: 10.3389/fenrg.2021.738182
39. Vahidi, S., Yeganeh, M., & Ghasaban, M. (2025). The effect of the morphology of highly polluted urban areas neighborhood on suspended particles of PM 2.5 and PM 10 air pollutants (Case Study: Ahvaz, Iran). Energy Nexus, 100527.doi: 10.1016/j.nexus.2025.100527
40. Lee, G., & Jeong, Y. (2017). Impact of urban and building form and microclimate on the energy consumption of buildings-based on statistical analysis. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 16(3), 563-570. doi: 10.3130/jaabe.16.565

مدیریت شهری

فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۷۹ . تابستان ۱۴۰۴

Urban managment
No.79 Summer 2025

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-11-04]