نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و سوم، شماره ۶۹، تابستان ۱۴۰۲

اقلیم و انرژی در محیط‌های شهری در جهت کاهش مصرف انرژی، نمونه موردی ساختمان سعادت‌آباد[1]

دریافت مقاله: ۹۷/۷/۹ **پذیرش نهایی:** ۹۹/۱/۱۸

صفحات: ۲۳۷-۲۱۷

پاریز امیری آده: دانشجوی دکتری، گروه معماری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
Email: amiripariz@gmail.com
سعید تیز قلم زنوزی: استادیار، گروه معماری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران[2]
Email: tizghalam@gmail.com
مهرداد جاویدی‌نژاد: استادیار، گروه معماری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
Email: avid4678@gmail.com

چکیده

احداث شهرها تا قبل از دوران مدرن در مقیاسی تشکیل می‌شد که تعادل محیطی را دستخوش تغییرات مهمی نمی‌کرد. با توسعه جمعیت و بزرگ شدن شهرها و تبدیل سکونتگاه‌ها به شهرهای بزرگ و کلان‌شهرها، شرایط جدیدی به وجود آمد که بررسی آن‌ها نشان داد امروزه شهرها اقلیم‌های خاص خود را می‌سازند. اقلیم‌های جدید به وجود آمده در این مناطق به‌کلی با وضعیت طبیعی پیش از آن‌ها متفاوت است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیرگذاری اقلیم بر نوع معماری ساختمان در جهت کاهش مصرف انرژی است. پژوهش حاضر ازنظر هدف کاربردی و ازنظر روش توصیفی تحلیلی است. متغیرهای مدنظر در این پژوهش شامل عرض خیابان و پیاده‌رو، فضای سبز و درختکاری، جنس مصالح، ابعاد و جهت بازشوها و راه‌های ورودی انرژی، بام، عرض دیوار، ایوان، کنترل سیستم گرمایشی منفعل (سایه‌بان‌ها، پرده‌ها و سیستم‌های کنترل منافذ). در این پژوهش ابتدا، وضعیت اقلیم و آب‌وهوای شهر تهران و منطقه سعادت‌آباد موردبررسی قرار گرفت سپس، وضع موجود منطقه سعادت‌آباد را با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز دیزاین بیلدر مدل‌سازی شد تا میزان دمای محیط و ساختمان ارزیابی گردد. نتایج پژوهش حاکی از آن بود که ارتقای شرایط آسایش حرارتی در فضای باز و بسته‌ی زیستی ساختمان‌های مسکونی. کاهش میزان اتلاف انرژی حرارتی مستقیم و غیرمستقیم به‌واسطه پوسته‌ی خارجی ساختمان. به‌هنگام‌سازی دانش طراحی اقلیمی پوسته‌ی خارجی ساختمان در بدنه‌ی جنوبی در جهت کاهش مصرف انرژی محدوده موردمطالعه مؤثر است.

کلید واژگان: اقلیم، انرژی، معماری، صرفه‌جویی انرژی، سعادت‌آباد تهران.

---

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری پاریز امیری آده با عنوان "تبیین الگوهای معماری براساس مؤلفه‌های تاثیرگذار اقلیم خرد بر مشخصات جداره‌های ساختمانی با رویکرد بهینه‌سازی انرژی در شمال شهر تهران" است.

۲ . نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، گروه معماری

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

مقدمه

صرف روزافزون انرژی و استفاده‌های نادرست از آن در محیط‌های انسان‌ساخت در چند دهه اخیر در حال افزایش است. توجه به این مبحث مهم در جهت پایدارسازی جوامع و توسعه‌ی درون‌زا، لازم است در دستور کار برنامه‌ریزان قرار گیرد. با توجه به این‌که انرژی مصرفی در بخش مسکن سهم قابل‌توجهی از کل انرژی مصرفی در کشور را به خود اختصاص داده است، پرداختن به عوامل مؤثر مصرف انرژی در این بخش با توجه به محدودیت منابع و نیاز جوامع برای حرکت در مسیر توسعه احساس می‌شود (سعیدی و همکاران،۱۳۹۶:۳).

رشد شتابان و فزاینده شهرنشینی و در پی آن افزایش جمعیت شهرها، پیامدهای مختلفی را در زمینه‌های گوناگون به دنبال داشته است. ازجمله مهم‌ترین این پیامدها می‌توان به افزایش مصرف و تقاضا برای منابع انرژی اشاره کرد. طبق آمار جهانی، مصرف انرژی در جهان در هر دهه، به دو برابر افزایش‌یافته و پیش‌بینی‌شده است که طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۵، روند مصرف انرژی در جهان به میزان ۵۴/ افزایش یابد. این در حالی است که در این گزارش، بیشترین میزان مصرف انرژی به کشورهای درحال‌توسعه ازجمله ایران اختصاص دارد که متوسط مصرف سالانه انرژی در آن از رشد ۱۰ درصدی برخوردار است (منظور و ماجد ۱۳۹۰). افزایش مصرف و تقاضا برای منابع انرژی فسیلی از دو جنبه قابل‌تأمل است: یکی محدود بودن منابع انرژی و دیگری آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در همین راستا از چند دهه قبل با فراگیر شدن ماهی‌های عمومی نسبت به جنبه‌های یادشده و سایر جنبه‌های شهرنشینی، رویکردهای نوینی در جهان، نظیر توسعه پایدار شهری، نوشهرسازی، شهر فشرده، شهر اکولوژیک، شهر سلامتی شهر فاقد اتومبیل، شهر فاقد کربن، شهر انرژی کارا و ظهور یافته و اهمیت و توجه به مبحث انرژی را در شهرسازی، بیش‌ازپیش آشکار می‌نماید (فرخی و همکاران،۱۳۹۷:۱۲۷). می‌توان انرژی‌های محیط شهری را در دو گروه خلاصه نمود؛ انرژی‌های تابشی و انرژی‌های همرفتی، انرژی‌های تابشی بالأخص تابش خورشید، عامل اصلی انتقال و جذب انرژی در بدنه‌های شهری می‌باشند؛ اما این انرژی‌ها به‌تنهایی بر دمای اقلیم محلی شهر اثر نمی‌گذارند، بلکه با افزایش انرژی‌های انباشت شده در سطوح، موجب بالا رفتن ذخیره گرمایی محیط گشته و این انرژی حرارتی به‌صورت همرفتی یا محسوس به هوای شهر بازگردانده می‌شود (سینه[1] و همکاران،۲۰۰۱:۲۳). انرژی محسوس انتقال‌یافته به درون هوای شهر موجب افزایش دمای آن می‌گردد. بالعکس چنانچه دمای سطوح و بدنه‌های شهری به دلیل کاهش یا حذف انرژی‌های تابشی کمتر از دمای هوای شهر گردد، انرژی‌های حرارتی همرفتی موجود در هوا، به بدنه‌های شهری منتقل‌شده و موجب کاهش دمای هوای شهری می‌شود. می‌توان سه پارامتر را به‌عنوان اصلی‌ترین عوامل ایجاد انرژی گرمایی در محیط شهری دانست: «آسمان»، «بدنه‌های شهر شامل زمین و دیوارها»، «حضور انسان در محیط»، در حقیقت منشأ اولیه انرژی‌ها از جانب «آسمان»، به‌صورت تابش‌های موج‌کوتاه و بلند به لایه فعال شهر می‌رسد (اوکه،۱۹۸۷:۲۳). در این لایه فعال سطوح «زمین و دیوارها» انرژی‌های تابشی را دریافت کرده و به‌صورت انرژی‌های تابشی و همرفتی به محیط بازمی‌گردانند. در کنار این، انرژی حرارتی ناشی از زندگی و حضور «انسان، وسایل نقلیه، سیستم‌های تأسیساتی» و سایر عوامل

[1] CIENE

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

گرمازای انسانی به محیط شهر تزریق می‌شود. این پژوهش باهدف بررسی اثر اقلیم و انرژی در محیط‌های شهری در جهت کاهش مصرف انرژی نوشته‌شده است.

عموم محققان بر این عقیده‌اند که مهم‌ترین تأثیر شکل شهرها و توسعه‌ی شهرنشینی در اقلیم، افزایش دمای شهرها یا به عبارتی تشکیل جزیره‌ی حرارتی است. جزیره‌ی حرارتی به زبان ساده عبارت است از اختلاف درجه‌ی حرارت مرکز شهرها نسبت به حومه‌ی آن‌ها که این دما به ازای نزدیک شدن به مراکز شهرها افزایش قابل‌ملاحظه‌ای می‌یابد (سانتاموریس[1]،۲۰۱۳:۴۸).

شدت جزایر حرارتی به‌خصوص در ساعات شبانگاهی که محیط‌های باز اطراف شهرها به‌سرعت حرارت خود را از دست می‌دهند و خنک می‌شوند افزایش می‌یابد (گیوونی،۱۹۹۸:۹۱). قطعاً اختلاف میان محیط شهری و پیرامون آن به دلیل تغییراتی است که به سبب وجود شهرها و محیط‌های مصنوع در طبیعت و نوع استفاده از آن توسط انسان پدید آمده است. جزیره حرارتی شهری برای اولین‌بار در سال ۱۸۲۰ توسط اوک هوارد در شهر لندن مشاهده شد که در شب ۲/۱ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر و در روز ۱/۹ درجه سانتی‌گراد خنک‌تر از حومه شهر بود. وی از اولین کسانی است که ایده جزیره حرارتی شهری را مطرح کرده و ارتباط عوامل مختلف محیطی را بر تشکیل آن بررسی نموده است. شکل‌گیری این پدیده را می‌توان چنین توضیح داد؛ انرژی حرارتی که از طرق مختلف به درون محیط شهری تزریق می‌شود باید میان دو انرژی حرارتی محسوس و نامحسوس متعادل گردد که این انرژی‌ها باید به جو بازگردند یا در نظام درونی ساختار شهر ذخیره شوند. مطالعات انجام‌شده بر روی بودجه انرژی شهرها، انرژی نامحسوس کمتر و جریان انرژی محسوس بیشتری را که متأثر از نظام شهرسازی است به اثبات رسانیده‌اند (گریموند و اوکه[2]،۱۹۹۹:۹۳۶). تحقیقات سال ۱۸۳۳ لوک هوارد (۱۸۳۳) در لندن پیشگام تحقیقات در زمینه تأثیر متقابل معماری و اقلیم شد. او به‌عنوان نخستین شخصی شناخته می‌شود که تأثیر نواحی شهری را بر اقلیم محلی موردمطالعه و بر روی تأثیر کالبد شهر بر روی تغییرات خرداقلیم متمرکز گردید (ایمانوئل[3]،۲۰۰۵:۴۳).

اولگی (۱۹۸۴) و اوکه (۱۹۸۷) نیز از نخستین افرادی بود که با تأکید برتعامل میان ساختمان و خرداقلیم، ارتباط میان معماران و طراحان شهری را از دیدگاه اقلیم‌شناسی موردبررسی قرار دادند. پس‌ازآن مطالعات متعددی در خصوص ارتباط فرم شهری و مقوله آسایش حرارتی و تأثیر فرم جداره روی خرداقلیم معابر متمرکز بوده‌اند (طالقانی و همکاران،۲۰۱۴). در سال‌های اخیر با افزایش توجه به طراحی پایدار و لزوم حفظ انرژی مطالب بسیاری در مورد طراحی نامناسب ساختمان‌ها و فضاهای باز اطراف آن ازنظر اقلیمی در ایران نیز نوشته‌شده است. ازجمله پژوهش‌هایی که به‌طور خاص در مورد آسایش اقلیمی فضای باز انجام‌شده است، می‌توان به مقاله‌های «طراحی سایبان در فضای باز» (طاهباز، ۱۳۸۶) و «آموزه‌هایی از معماری اقلیمی گذرهای کاشان» (طاهباز، جلیلیان و موسویان، ۱۳۹۱) اشاره نمود. نویسنده در پژوهش اول به بررسی چگونگی طراحی سایبان مناسب برای طول سال در فضای باز می‌پردازد و در مقاله دوم گذرهای موجود در بافت قدیم کاشان را

1 Santamouris
2 Grimmond & Oke
3 Emmanuel

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

ازنظر شرایط گرمایی و احساس آسایش اقلیمی با اقلیم کلان‌شهر مقایسه می‌کند و بر این باور است که معماری خاص گذرهای سرپوشیده بهترین تطابق را با نیازهای گرمایی انسان دارند و امکان زندگی و اقامت طولانی‌مدت را علی‌رغم شرایط حاد اقلیمی فراهم کرده است. همچنین ایشان در مقاله دیگری[1] به معرفی شاخص‌ها و معیارهای آسایش حرارتی که طراحان باید در طراحی خود در فضاهای باز عمومی به آن توجه داشته باشند، می‌پردازد؛ ازجمله این معیارها می‌توان به WCET و UTCI و WBGT اشاره نمود. «تأثیر ضریب دید به آسمان در آسایش حرارت کاربران فضای باز شهری» (بهزادفر و منعام پورف ۱۳۸۹) عنوان دیگر مقاله‌ای است که به پژوهش درباره نسبت میزان گشایش دید به آسمان و مقدار آسایش حرارتی انسان می‌پردازد. در ادامه خلاصه‌ای از پیشینه مرتبط با موضوع پژوهش ارائه‌شده است.

میشل گوردن(۲۰۰۵) در تحقیقی با عنوان توسعه شهری، فرم و مصرف انرژی در ساختمان‌ها انجام‌گرفته است، وی ۸ فاکتور هندسه شهری، مورفولوژی ساختمانی، عملکرد حرارتی مصالح، کارآمدی سیستم‌ها و تجهیزات داخلی، فعالیت‌ها و رفتارهای انسانی، قیمت سوخت، امکان به اشتراک گذاشتن زیرساخت‌ها و میزان درجه حرارت داخلی و خارجی بنا را به‌عنوان فاکتورهای مؤثر بر میزان مصرف انرژی در مقیاس خرد (واحدهای ساختمانی) معرفی نمود. علی تودرت و مایر (۲۰۰۷) مدل ENVI-met را برای شبیه‌سازی آسایش حرارتی در فضای باز شهری به کار بردند و تأثیر جهت‌گیری‌های مختلف را مدنظر قرار دادند. بر اساس یافته‌های آنان عابر پیاده در معابر با جهت‌گیری شرقی- غربی بالاترین تنش حرارتی را نسبت به سایر جهت‌گیری‌ها متحمل می‌شود و با افزایش نسبت ارتفاع به عرض معابر، دمای هوا به‌تدریج کاهش می‌یابد؛ به‌علاوه آن‌ها تأثیر مقاطع مختلف معبر شهری را بر کیفیت آسایش معبر در جهت‌گیری‌های مختلف و با درجات محصوریت متفاوت موردبررسی قرار دادند. سالات (۲۰۰۹) در مقاله‌ای با عنوان «کارایی انرژی و مورفولوژی شهری: تجزیه‌وتحلیل مقیاس‌های شهرهای آسیایی و اروپایی»، در سال ۲۰۰۹، ضمن اشاره به فرم شهری به‌عنوان حلقه ارتباطی شهرسازی و حفظ منابع طبیعی، به معرفی فاکتورهای مؤثر بر مصرف انرژی در شهرهای آسیایی و اروپایی نظیر فرم شهری، کارایی ساختمان، کارآمدی تجهیزات، رفتار ساکنان و نوع انرژی مصرفی می‌پردازد. در پژوهشی با عنوان محاسبه میزان تقاضای انرژی در ساختمان بر اساس مطالعات مورفولوژیک که توسط تیم پژوهشی مارتین و همکاران (۲۰۱۳)، فاکتورهایی از جمله متوسط ارتفاع ساختمان، نسبت فضای باز و ساخته‌شده نسبت به‌کل مساحت مجموعه و نیز میزان سطوح خارجی در ارتباط با هوا به‌عنوان پارامترهای مورفولوژیک تأثیرگذار بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی، استخراج‌شده است. سالات (۲۰۱۳) با انتشار مقاله‌ای کاربردی با عنوان «مورفولوژی شهری و تلاش برای دستیابی به شهرهای فاقد کربن»، ترکیب و ساختار توده ساختمانی (مساحت ساخته‌شده، FAR، ارتفاع ساختمان، تراکم ساختمان، هم‌جواری‌ها)، بازشدگی به سمت خیابان (انسداد و هدایت ظاهری خورشید)، شبکه خیابان‌ها تراکم نقاط تلاقی و برخورد فاصله میان نقاط تلاقی عدد میانگین ارتباط بین نقاط که جهت سنجش میزان ارتباطات و دسترسی فضاها، جریان ترافیک و انسداد ترافیک، استفاده از سوخت و تأثیر آن بر آلودگی هوا، حجم فعال (حجم ساختمان تا

[1] "Psychrometric Chart As A Basis For Outdoor Thermal Analysis"

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

عمق ۶ متری که با دریافت نور طبیعی و تهویه، مصرف انرژی را کاهش می‌دهد) را به‌عنوان فاکتورهای مؤثر بر مصرف انرژی در مقیاس شهر، موردبررسی و مطالعه قرار می‌دهد.

در ایران اسلامی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در پژوهشی با عنوان "راهکارهای طراحی اقلیمی معابر فضای باز (مطالعه موردی: پیاده‌راه‌های دانشگاه کاشان" فضاهای باز و پیاده‌راه‌های دانشگاه کاشان را به‌عنوان نمونه موردی در اوج گرمای تابستان و سرمای زمستان باهدف ارزیابی شرایط گرمایی آن و شناسایی مؤلفه‌های مؤثر در ایجاد خرد اقلیم مناسب و ارائه یک چهارچوب کلی برای ساماندهی معابر فضای باز بررسی می‌نماید. بعد از انجام برداشت‌های میدانی توسط دستگاه‌های هواشناسی، شرایط آب‌وهوایی نقاط مختلف مسیر، مقایسه و به کمک شاخص جهانی اقلیم‌گرمایی، وضعیت گرمایی نقاط روی نمودار سایکرومتریک تحلیل گردید. نتایج، بیانگر وضعیت گرمایی مسیر می‌باشد و همچنین نیازهای هر نقطه برای رسیدن به شرایط مطلوب را تعیین می‌نماید. درنهایت از طریق مقایسه مسیر با گذرها و معابر اقلیمی بافت تاریخی شهر، راهکارهای مناسب برای ساماندهی هرچه بهتر فضای باز ارائه شد. حسینی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان "بررسی تأثیر میکرواقلیم بر آسایش محیطی فضاهای پیاده شهری (نمونه موردی: بررسی آسایش حرارتی در خیابان شهرداری تهران، حدفاصل میدان تجریش تا میدان قدس)" ضمن معرفی عوامل مختلف تأثیرگذار بر آسایش محیطی و با وارد کردن داده‌های اقلیمی تهران (ایستگاه مهرآباد) به بررسی عوامل تأثیرگذار خرداقلیم بر آسایش محیطی در فضاهای شهری پرداخته و با بررسی میزان تابش آفتاب، رطوبت نسبی، باد و سایر عوامل محیطی در محدوده موردمطالعه بر اساس قرارگیری جداره ارتباط آن با شرایط آسایش موردبررسی قرارگرفته و در نهایت راهکارهای مربوط به طراحی توده‌های ساختمانی و بر اساس عوامل خرد اقلیم در این محدوده‌ها ارائه‌شده است. احمدپور کلهرودی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان "نقش و تأثیر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری بررسی موردی: طراحی پیاده راه طمقاچی‌ها در کاشان" به بررسی میزان تأثیرگذاری عناصر الحاقی نما، سایبان، پوشش و سطوح آب به‌عنوان پرکاربردترین ابزار طراحی مؤثر بر کیفیت آسایش حرارتی عابرین پیاده در نواحی گرم و خشک پرداخته‌اند. درمجموع نتایج پژوهش تأثیرگذاری قابل‌توجه ایجاد سایه را نسبت به سایر روش‌ها در مقیاس اقلیم خرد شهری نشان داده است. احمدی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان تحولات کالبد شهر و بازتاب حرارتی آن بررسی موردی: اصفهان با تأکید بر شاخص‌های طبیعی و کالبدی به ریشه‌یابی ارتباط آن‌ها و حرارت پرداخته و به مقایسه سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۰۰ اصفهان می‌پردازند. هدف اصلی پژوهش نشان دادن ارتباط تحولات شهری و افزایش دمای سطح و دمای هوا است. این تحقیقات تأثیر خشک‌سالی و کاهش سبزینگی را هم بر دمای سطح و هم بر دمای هوا نشان می‌دهد و یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر دمای هوا را سایه‌اندازی‌ها و ضریب آسمان قابل‌رؤیت بر پایه محصوریت کالبدی و فضای سبز معرفی می‌نماید.

مبانی نظری پژوهش

عوامل مؤثر در مدل اقلیمی

در مدل اقلیمی موردنظر، اکثر عوامل مؤثر بر پارامترهای این مدل، ناشی از موقعیت جغرافیایی، شکل و جنس بدنه‌های شهری و فصلی از سال که موردبررسی قرار می‌گیرد می‌باشند و در زیر موردبحث قرار می‌گیرند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

۱. موقعیت جغرافیایی شهر که در این مدل، شهر تهران در عرض جغرافیایی ۴۱ و ۳۵ یا ۳۵/۶۸ درجه شمالی در نظر گرفته شد.
۲. زمانی از سال که مدل در آن محاسبه می‌شود که در این مدل، دو ماه تیر[1] و دی[2] موردبررسی قرار خواهند گرفت.
۳. مکان محله شهر که در این مدل محله سعادت‌آباد در نظر گرفته شد.
٤. جهت قرارگیری خیابان‌های شهری که در این مدل همانند بسیاری از نظام‌های شهری در جهت شمالی-جنوبی و شرقی-غربی در نظر گرفته‌شده‌اند. به علت قرار گرفتن ساختمان‌ها در لبه خیابان‌ها و محصور شدن فضای درونی آن‌ها از سه طرف، شرایطی در چنین اقلیم محلی به وجود می‌آید که اوک[3] آن‌ها را دره‌های شهری[4] نامیده است.
٥. تناسبات دره‌های شهری یا نسبت ارتفاع ساختمان‌ها به عرض خیابان‌ها (H/W)
٦. جنس لایه‌های زمین
۷. جنس مصالح بدنه‌های بیرونی دیوارها (اندرسون،۲۰۱۸:۵۴).
۸. انرژی‌های انسانی محیط که به جمعیت و چگونگی زندگی ساکنین منطقه وابسته است. بدیهی است با در نظر گرفتن عوامل مؤثر فوق، برخی دیگر از متغیرها که مستقیماً به آن‌ها وابسته‌اند نیز ثابت در نظر گرفته می‌شوند مانند عوامل آب‌وهوایی (متوسط دما، سرعت باد، فشار بخار آب، ساعات آفتابی، قابلیت دید منطقه و ...) و عوامل مصنوعی محیط (ضریب آلبدوی زمین و سطوح، ضریب انتشار زمین و سطوح، ضریب و زمان انتقال حرارت همرفتی زمین و سطوح، ضرایب سرعت باد در فضاهای شهری و ...)(رئوفچی،۲۰۱۸:۴۵).

اقلیم محلی شهری

مهم‌ترین پدیده اقلیمی و گرمایی در شهرهای بزرگ و پرجمعیت، تشکیل جزیره حرارتی شهری است که موجب افزایش بودجه گرمایی در مرکز شهرها می‌شود. این پدیده به‌طور عمومی «گنبد هوای شهری» را بر روی آن به وجود آورده و اختلاف دمای قابل‌توجهی را میان مجموعه شهری و حومه اطراف آن پدید می‌آورد (کاتیل[5]،۲۰۱۵:۶۷).

«گنبد هوای شهری»[6] یا «لایه‌مرزی هوای شهری»[7] محدوده تشکیل جزیره حرارتی است. اصطلاح لایه گنبد هوای شهری اولین بار در سال ۱۹۷۶ توسط اوک تعریف شد. طبق این تعریف بخشی از لایه‌مرزی هوای سیاره زمین که مشخصات آن تحت تأثیر حضور محیط شهری در لایه تحتانی آن می‌باشد لایه گنبد هوا نامیده

1 July
2 January
3 Oke
4 Urban Canyon
5 Cuthil
6 Urban Air Dome
7 Urban Boundary Layer

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

می‌شود و در مقیاس کلان ازنظر مشخصات اقلیمی همگن است (سینه و همکاران،۲۰۰۱)؛ که برخی نویسندگان اصطلاح لایه‌مرزی هوای شهری را برای آن به‌کاربرده‌اند.

شکل گنبد هوای شهری به عوامل مختلفی چون پستی بلندی‌های زمین، بادهای منطقه‌ای، بارندگی و نوع توزیع صنایع در سطح شهر بستگی دارد، درهرحال بی‌شک این گنبد رابطه تنگاتنگی با جزیره حرارتی شهری خواهد داشت و به اعتقاد گیوانی محدوده پدیده جزیره حرارتی بر گنبد شهری منطبق می‌شود (ماریتون[1]،۷۸:۲۰۱۷). لذا در نقاطی از شهر که شدت جزیره حرارتی بیشتر است ارتفاع لایه هوای شهری یا همان مرز بیرونی گنبد شهری فراتر از دیگر نقاط خواهد بود و این ارتفاع تقریباً حدود ۳ تا ۵ برابر میانگین ارتفاع بناها می‌باشد. درواقع در این نقاط، هوای کره زمین بیشتر تحت تأثیر موجودیت شهر قرار می‌گیرد. محققین عوامل گوناگونی را موجب شکل‌گیری جزیره حرارتی می‌دانند. اوک و دیگران فاکتورهای ایجاد جزیره حرارتی را در ۷ مورد خلاصه می‌کنند (سانتاموریس،۲۰۰۷).

۱. هندسه تنگه‌های شهری همچون خیابان‌ها که نوع توزیع، ارتفاع بدنه‌ها و جهت‌گیری جغرافیایی آن‌ها عموماً نقش مهمی در کاهش تابش موج‌بلند از بافت شهر به آسمان دارد.
۲. ویژگی‌های حرارتی مصالح به‌کاررفته در بدنه‌های شهری که می‌توانند تأثیر چشم‌گیری در افزایش گرمای ذخیره‌شده داشته باشند و درنتیجه موجب بالا رفتن گرمای محسوس محیط‌های شهری می‌شوند.
۳. گرمای آزادشده در محیط به دلیل جمعیت زیاد ساکن در شهر، حیوانات و نیز سوخت مورداستفاده جهت خودروها و سیستم‌های تأسیساتی ساختمان‌ها.
٤. پدیده گلخانه‌ای موجود بر فراز شهرها که تابش موج‌بلند بازگشتی از اتمسفر به زمین را افزایش می‌دهد.
٥. هندسه تنگه‌های شهری که به دلیل ارتفاع زیاد بدنه‌های اطراف نسبت به عرض آن‌ها، آلبدوی مؤثر نظام گرمایی محیط را کاهش داده و بازتابش‌های متوالی موج‌بلند میان بدنه‌ها موجب کاهش اتلاف گرمایی از محیط شهر به اتمسفر می‌گردد.
٦. کاهش آب و سطوح مستعد تبخیر در محیط‌های شهری که این به معنای افزایش گرمای محسوس و کاهش گرمای نامحسوس در اقلیم شهری می‌باشد.
۷. کاهش جریان هوا در فضاهای باز شهری که به باقی ماندن حرارت محسوس در محیط کمک می‌کند (دونز،۲۰۱۶).

باید یادآوری نمود که در مطالعه اقلیم شهری و تعادل انرژی، لازم است تا لایه چتر شهری که شامل خرداقلیم‌های ایجادشده توسط ساختمان‌ها، خیابان‌ها و پوشش گیاهی می‌باشد از لایه‌مرزی هوای شهری یا گنبد هوای شهری که در سطح فوقانی بام ساختمان‌ها قرارگرفته و تابعی از اقلیم‌های خرد لایه چتر شهری مناطق بزرگ آن است جدا شود (اوکه،۱۹۹۵).

1 Martinot

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

تأثیرات شهرسازی این دو لایه باهم متفاوت است. به‌عنوان‌مثال ایجاد سایه توسط ساختمان‌های درون لایه چتر شهری می‌تواند دماهای محلی خنک‌تری را نسبت به مناطق باز دیگر به وجود آورد. چمن‌زارهای دارای پوشش گیاهی و پارک‌های درون شهر می‌توانند جریان حرارت نامحسوس بزرگ‌تری داشته باشند درمجموع باید دمای سطوح و دمای هوا از یکدیگر تفکیک شوند اختلاف دمای سطوح میان شهر و روستا عموماً در طول روز بزرگ‌تر است درحالی‌که اختلاف دمای هوا در شب بیشتر می‌باشد (بونان[1]،۲۰۰۲:۲۳).

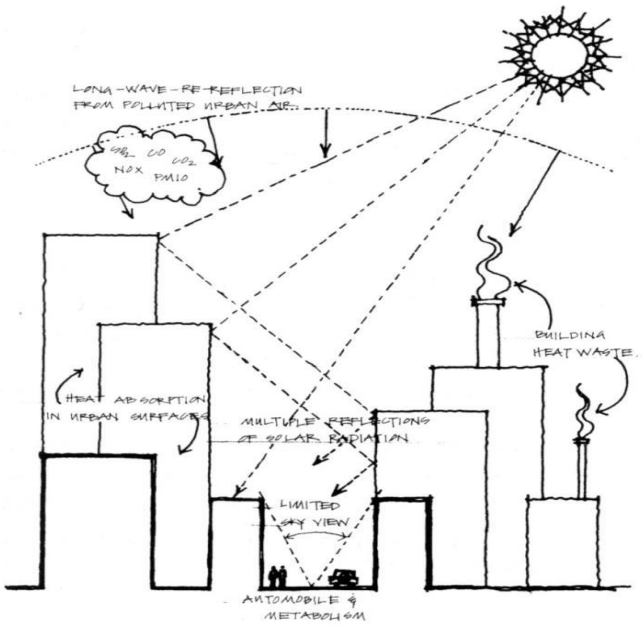
درون لایه چتر شهری، دره‌های شهری یا همان خیابان‌ها تأثیرات شکل شهر را بر خرداقلیم‌های آن به نمایش می‌گذارند. ارتفاع ساختمان‌ها و جهت‌گیری خیابان‌ها الگوهای مختلف ایجاد سایه را در طول روز بر روی سطوح شهر ایجاد می‌کنند که بر دمای هوا و سطوح اثر می‌گذارد (نیکول و همکاران،۲۰۰۳, آرفنید،۲۰۰۳).

هندسه دره شهری بالأخص ارتفاع ساختمان‌ها در ارتباط با عرض خیابان، فرصت بیشتری برای به دام انداختن تابش‌ها درون دره شهری ایجاد می‌کند. این زمانی اتفاق می‌افتد که تابش خورشید به‌وسیله یک سطح منعکس‌شده و به سطوح دیگر در شهری برخورد می‌کند و تا حدی جذب‌شده و مابقی آن دوباره منعکس می‌گردد. تأثیر حقیقی این پدیده آن است که نسبت به آنچه از انعکاس مصالح موجود در سطح انتظار می‌رود، تابشی بیشتر از تابش خورشید به بدنه‌های شهری جذب می‌شود (بونان،۲۰۰۳:۲۸).

به دام انداختن تابش همچنین با تابش طول‌موج بلند به سبب ضریب دید آسمان اتفاق می‌افتد. ساختمان‌های بلند بخش اصلی آسمان را به خود اختصاص می‌دهند و در نتیجه نقطه وسط دره شهری بر روی زمین تنها به بخش کوچکی از آسمان می‌تواند تابش موج‌بلند داشته باشد (Ibid) مطالعات انجام‌شده بر روی تعادل انرژی دره‌های شهری اهمیت نسبت ارتفاع ساختمان‌ها را به عرض خیابان در محبوس کردن تابش درون دره‌های شهری و گرم کردن آن مورد تأیید قرار می‌دهد. شکل (۱) تأثیر ضریب دید آسمان را بر نظام تابشی سطح شهر به نمایش می‌گذارد.

[1] Bonan

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]



شکل (۱). تأثیر ضریب دید آسمان در تابش ورودی و خروجی چتر شهری (Emmanuel،۲۰۰۵)

روش تحقیق

پژوهش حاضر ازنظر هدف کاربردی و ازنظر روش توصیفی تحلیلی است. در این پژوهش ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای در ارتباط با عنوان پژوهش جمع‌آوری شد و برای دستیابی به بهینه‌ترین الگوی طراحی مجتمع‌های مسکونی در منطقه سعادت‌آباد شهر تهران، ابتدا اطلاعات اولیه جمع‌آوری گردید. به کمک نرم‌افزار Design builder به همراه Energy Plus که به‌عنوان موتور آن می‌باشد ابتدا یک وضع موجود را با نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی شد. برای انجام شبیه‌سازی ابتدا مراحل شبیه‌سازی را به چندین مرحله تقسیم شد که عبارت‌اند از:

۱. شبیه‌سازی یک مجتمع مسکونی و انتخاب یکی از زون‌های این ساختمان و بررسی دما، رطوبت و لوکس نور
۲. بررسی چندین نمونه الگوی مختلف در ساختمان به‌طوری‌که یکی داده‌های تحلیلی با وضع موجود قیاس شوند، می‌باشد.
۳. در مرحله سوم بعد از به‌دست آوردن ایده‌آل‌ترین و بهینه‌ترین الگوی طراحی، با تغییر الگوها و مقایسه هرکدام از آن‌ها با وضع موجود، مناسب‌ترین الگو را به دست می‌آوریم.
٤. بعد از به‌دست آوردن نتایج نهایی الگوها را در چهار نمونه مختلف قرار می‌دهیم تا به‌دست بیاوریم که کدام الگو عملکرد بهتری داشته است.

برای حصول این هدف، پارامترهایی که در وضع موجود تبیین گردید بدین‌صورت است: در بخش شهرسازی عرض‌های خیابان (۱۴، ۱۶، ۱۸ و ۲۰ متری) در ۴ جهت اصلی جغرافیایی (شمال، جنوبی، شرقی و غربی)، پیاده‌رو به عرض ۱/۵ متر با جدول بتنی خاکستری تبیین گردید. در هر خیابان دو ساختمان مدل‌سازی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

می‌شود (ساختمان شمالی با حیاط بر خیابان و ساختمان جنوبی حیاط پشت ساختمان). استفاده از درختان همیشه‌سبز به فاصله ۳ متر از هم‌عرض جوب فاضلاب به فاصله ۸۰ سانتی‌متر و در بخش معماری، نسبت ۴۰٪ پنجره به سطح دیوار و پنجره‌های عمودی از سقف به فاصله ۲ متری، دیوار بتنی ۲۰ سانتی‌متری و مصالح مختلف برای نما از قبیل آجر، سنگ و سیمان. علاوه بر این، برای نیل به هدف اصلی پژوهش که رسیدن به الگویی مناسب در راستای کاهش مصرف انرژی در ساختمان منطقه سعادت‌آباد می‌باشد، ۴ الگو با پارامترها و متغیرهای مختلف تبیین، مدل‌سازی و مورد شبیه‌سازی قرار گرفت تا میزان دما و مصرف انرژی ساختمان‌ها ارزیابی شود.

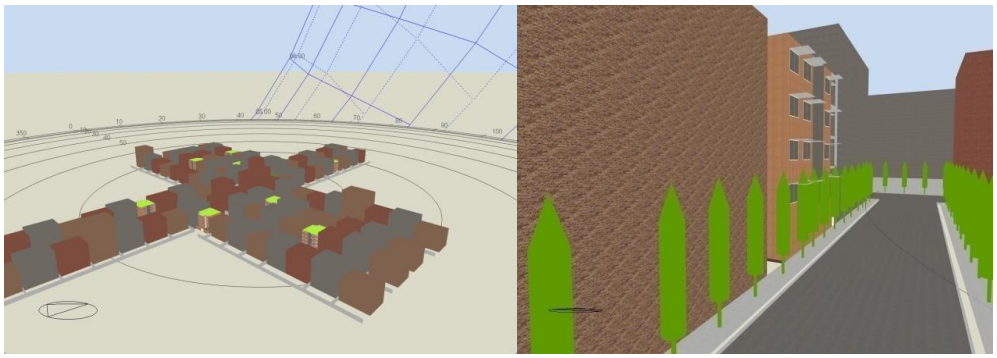
سعادت‌آباد یکی از مناطق شمال غرب شهر تهران است. این منطقه در کوهپایه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز و در منطقه ۲ شهرداری تهران واقع‌شده است. نواحی جنوبی محدوده موردمطالعه که در دشت تهران واقع است دارای آب‌وهوایی گرم و خشک و نواحی شمالی آن در دامنه کوه‌های البرز معتدل‌تر می‌باشد. شیب عمومی در جهت شمال به جنوب می‌باشد که در نقاط مختلف از ۳۰ تا ۴۰ درجه در شمال منطقه تا شیب‌های ملایم ۵ تا ۱۰ درجه در جنوب منطقه تغییر می‌کند.

نتایج

بعد از پردازش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مورداستفاده خروجی نرم‌افزار به‌صورت الگوها استخراج شد که در ادامه هرکدام از الگوهای استخراج‌شده شرح داده‌شده است.

۱. الگوی ۱ شکل (۲):

۱-مصالح پیاده‌رو بتن سبک. ۲-عرض پیاده‌رو ۲ متر. ۳-درختان همیشه‌سبز با فاصله ۲ متر از هم. ۴-ابعاد پنجره ۳۰٪ سطح دیوار. ۵-بام سبز. ۶-سایبان ۱/۵ متری. ۷-عرض دیوار ۳۰ سانت. ۸-فرم پنجره افقی. ۹-مصالح دیوار فازچنج. ۱۰-مصالح نما چوب. ۱۱-ایوان ۳ متری. ۱۲-پنجره ۳ جداره.

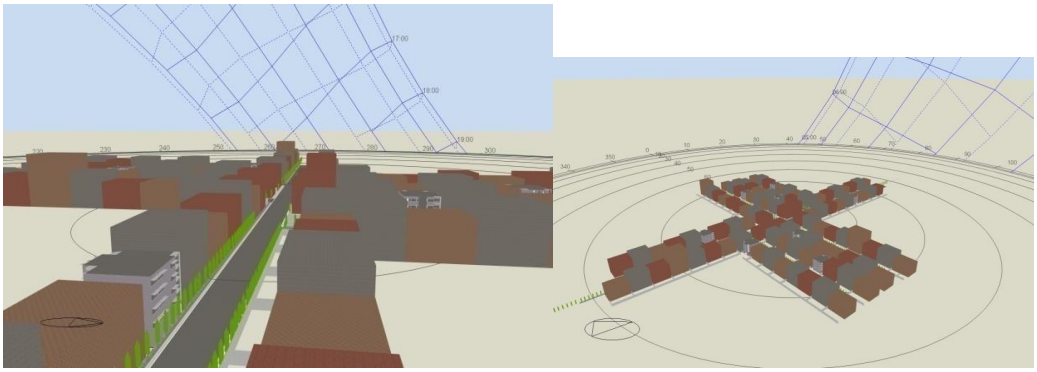


شکل (۲). نمای شماتیک الگوی شماره یک

۲. الگوی ۲:

۱-مصالح پیاده‌رو سنگ. ۲-عرض پیاده‌رو ۱/۲ متر. ۳-درختان سبز و برگ‌ریز با فاصله ۴ متر از هم. ۴-ابعاد پنجره ۵۰٪ سطح دیوار. ۵-بام مسطح. ۶-سایبان ۱ متری. ۷-عرض دیوار ۱۵ سانت. ۸-فرم پنجره افقی. ۹-مصالح دیوار سفال. ۱۰-مصالح نما سنگ. ۱۱-ایوان ۱ متری. ۱۲-پنجره ۲ جداره شکل (۳).

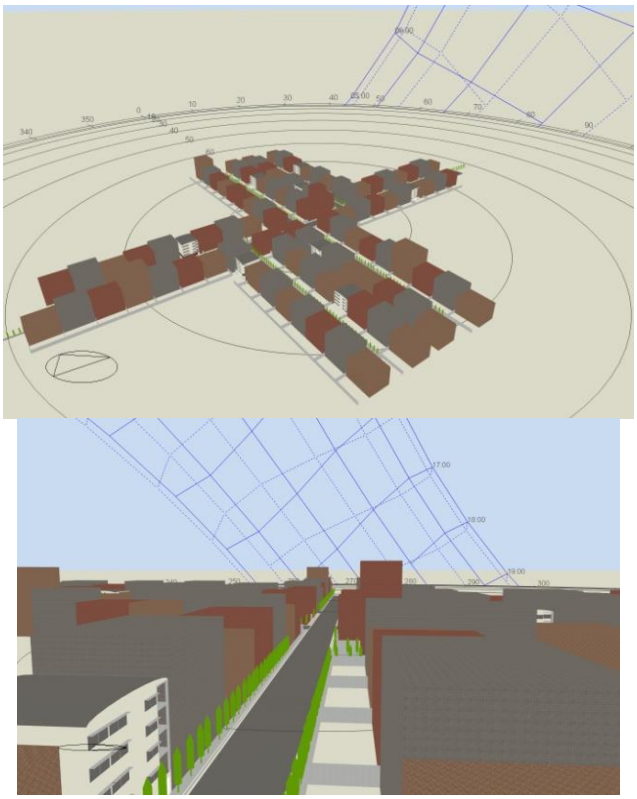
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]



شکل (۳). نمای شماتیک الگوی شماره دو

۳. الگوی ۳:

-مصالح پیاده‌رو موزاییک. ۲-عرض پیاده‌رو ۱/۵ متر. ۳-درختان همیشه‌سبز با فاصله ۴ متر از هم. ۴-ابعاد پنجره ۵۰٪ سطح دیوار. ۵-بام منحنی. ۶-سایبان ۰/۵. ۷-عرض دیوار ۲۰ سانت. ۸-فرم پنجره افقی. ۹-مصالح دیوار سفال. ۱۰-مصالح نما سیمانی. ۱۱-ایوان ۱ متری. ۱۲-پنجره ۲ جداره شکل (۴).

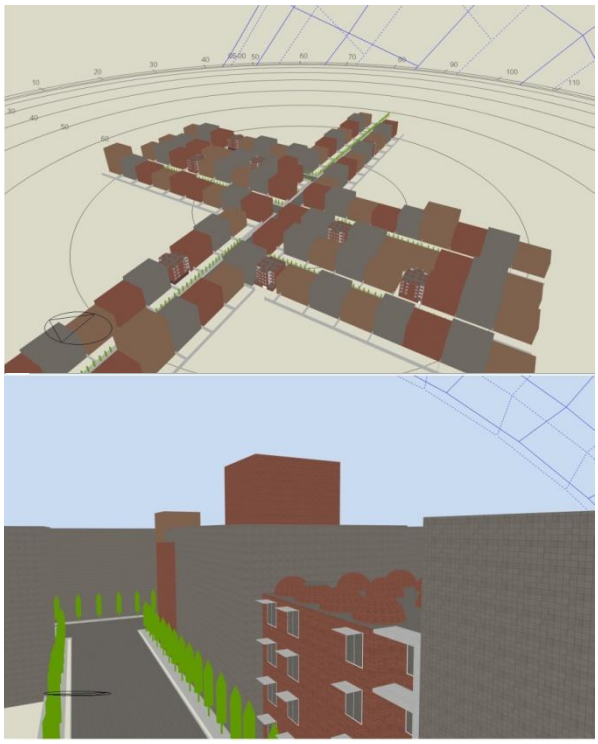


شکل (۴). نمای شماتیک الگوی شماره سه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

۴. الگوی ۴:

۱-مصالح پیاده‌رو بتن سبک. ۲-عرض پیاده‌رو ۲ متر. ۳-درختان همیشه‌سبز با فاصله ۳ متر از هم. ۴-ابعاد پنجره ۳۰٪ سطح دیوار. ۵-بام گنبدی. ۶-سایبان ۱ متری. ۷-عرض دیوار ۲۵ سانت. ۸-فرم پنجره عمودی. ۹-مصالح دیوار بتن سبک. ۱۰-مصالح نما آجر. ۱۱-ایوان ۲ متری. ۱۲-پنجره ۳ جداره شکل (۵).



شکل (۵). نمای شماتیک الگوی شماره چهار

همان‌گونه که قبلاً بیان گردید، یکی از مهم‌ترین اهداف این پژوهش عرض‌های متفاوت خیابان‌ها است. لذا، ۴ عرض متفاوت که در منطقه سعادت‌آباد بیشترین استفاده را دارد عرض‌های ۲۰، ۱۸، ۱۶ و ۱۴ متری انتخاب گردید. خیابان‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شد که هر ۴ محور اصلی جغرافیایی را در بر بگیرد. همچنین در هر خیابان دو ساختمان شمالی و جنوبی ۴ طبقه مورد شبیه‌سازی قرار گرفت تا تعیین گردد که الگوهای مورداستفاده در هر ساختمان تا چه اندازه دمای داخلی را نسبت به وضع موجود تغییر داده است. در ادامه به ارائه داده‌های شبیه‌سازی‌شده در ساختمان‌های شمالی و جنوبی هر خیابان پرداخته می‌شود تا مشخص گردد هرکدام از الگوها تا چه میزان کاهش مصرف انرژی را در پی داشته است. در جداول (۱ تا ۴)، میزان اثرگذاری الگوهای مختلف در ۴ ماه از سال (۲ ماه در فصل سرد و ۲ ماه در فصل گرم) ارائه می‌شود، لیکن در تحلیل و مقایسه الگوها با وضع موجود در بهمن و اسفندماه (فصل سرد) و مرداد و شهریورماه (فصل گرم) در هر ۸ ساختمان شبیه‌سازی‌شده، موردسنجش قرار می‌گیرد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

ساختمان‌های شمالی و جنوبی خیابان ۲۰ متری

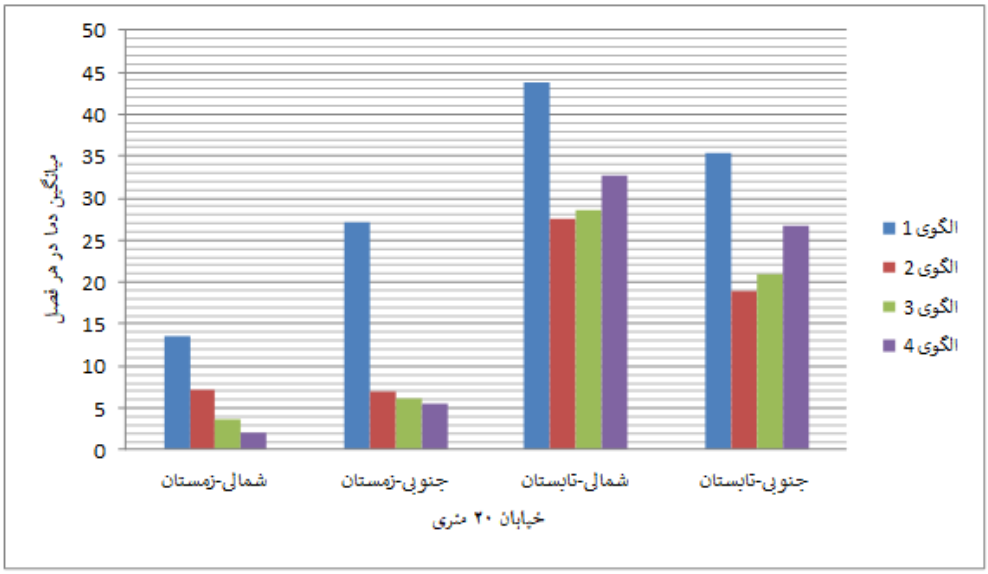
همان‌گونه که قبلاً ذکر شد، ساختمان شبیه‌سازی‌شده در محله سعادت‌آباد شهر تهران در ۴ ماه از سال موردبررسی قرار گرفت که دو ماه (یک روز در بهمن و اسفند) در فصل سرد و دو ماه (یک روز در مرداد و شهریور) در فصل گرم انتخاب گردید چرا که در این چهار ماه به ترتیب کمترین و بیشترین دمای موجود در ساختمان را دارا می‌باشد. علاوه بر این، در نخستین گام وضع موجود بخشی از محله سعادت‌آباد مورد شبیه‌سازی قرار گرفت تا میزان اثرگذاری هر یک از الگوهای تعیین‌شده مشخص گردد. با توجه به داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز در فصل قبل و همچنین داده‌های جدول (۱) و شکل (۶)، در مجموع دو ماه بهمن و اسفند اختلاف دمای وضع موجود ساختمان شمالی خیابان ۲۰ متری با الگوی اول (۱۳.۵۹) درجه، الگوی دوم (۷.۱۲)، الگوی سوم (۳.۷) و با الگوی چهارم ۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از وضع موجود نشان داده شده است؛ بنابراین، با اعمال الگوی اول در اقلیم موردنظر، دمای داخلی ساختمان به مقدار قابل‌توجهی (۱۴ درجه در کل طبقات) در فصل سرد بالا رفته و همین امر کاهش میزان انرژی مصرفی ساختمان را برای سیستم گرمایش فضای داخلی به همراه دارد. همچنین در مرداد و شهریورماه مجموع اختلاف دمای الگوی اول با وضع موجود (۴۳.۸۹) درجه سانتی‌گراد در کل طبقات، الگوی دوم (۲۷.۴۵) درجه، الگوی سوم (۲۸.۵۱) درجه و با الگوی چهارم (۳۲.۶۶) درجه سانتی‌گراد بوده است. نتایج حاکی از آن است که با اعمال الگوی اول به مقدار قابل‌توجهی (نزدیک به ۴۴ درجه سانتی‌گراد در کل طبقات) دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در فصل تابستان کاهش‌یافته است؛ بنابراین، در ساختمان‌های شمالی خیابان ۲۰ متری، الگوی اول نسبت به وضع موجود بهینه‌ترین میزان کاهش مصرف انرژی را در این ساختمان نشان داده است. علاوه بر این، با توجه به داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز در فصل قبل و همچنین داده‌های جدول (۱) و شکل (۶)، درمجموع میانگین دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده ساختمان جنوبی خیابان ۲۰ متری در فصل سرد (بهمن و اسفندماه)، الگوی اول با مجموع (۲۷.۰۸) درجه سانتی‌گراد، الگوی دوم با (۶.۹۶) درجه، الگوی سوم با (۶.۲) درجه و الگوی چهارم با مجموع (۵.۵۳) درجه سانتی‌گراد میانگین دمای بالاتری نسبت به وضع موجود در داخل ساختمان را نشان داده‌اند. نتایج این داده‌ها حاکی از این است که الگوی اول با افزایش ۲۷ درجه سانتی‌گراد در کل طبقات، مناسب‌ترین دما را نسبت به وضع موجود نشان داده است؛ بنابراین در ساختمان جنوبی خیابان ۲۰ متری نیز الگوی اول بهینه‌ترین و مناسب‌ترین دما را نسبت به وضع موجود نشان داده است. همچنین، بررسی داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز در فصل قبل و همچنین داده‌های جدول (۱) و شکل (۶)، نشان می‌دهد در فصل گرما (مرداد و شهریورماه) الگوی یک نسبت به وضع موجود با میانگین (۳۵.۳۶) درجه سانتی‌گراد، الگوی دوم با (۱۸.۹۶) درجه، الگوی سوم با میانگین (۲۰.۹۶) درجه و الگوی چهارم با (۲۶.۷) درجه سانتی‌گراد کاهش دمای داخلی ساختمان جنوبی شبیه‌سازی‌شده در خیابان ۲۰ متری را در پی داشته است. با توجه به کاهش دمای ساختمان با اعمال الگوهای مختلف می‌توان بیان کرد که در ساختمان موردنظر، الگوی اول با کاهش بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد درمجموع کل طبقات این ساختمان، بهینه‌ترین میزان دما و در راستای آن کاهش مصرف انرژی را در این‌گونه ساختمان‌ها نسبت به وضع موجود داشته است. درنهایت و با توجه به بررسی‌های صورت گرفته مشخص گردید که الگوی اول نسبت به وضع موجود در فصل سرد (با

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

افزایش دمای داخلی ساختمان) و در فصل گرم (با کاهش دمای داخلی ساختمان) با اختلاف بسیار زیادی نسبت به سایر الگوها، دمای بهینه‌تری را در ساختمان‌های شمالی و جنوبی خیابان ۲۰ متری نشان داده است.

جدول (۱). تغییر دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در خیابان ۲۰ متری

ساختمان	فصل	الگوی ۱		الگوی ۲		الگوی ۳		الگوی ۴	
		کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش
شمالی ۲۰ متری	زمستان	-	۱۳.۵۹	-	۷.۱۲	-	۳.۷	-	۲
	تابستان	۴۳.۸۹	-	۲۷.۴۵	-	۲۸.۵۱	-	۳۲.۶۶	-
جنوبی ۲۰ متری	زمستان	-	۲۷.۰۸	-	۶.۹۶	-	۶.۲	-	۵.۵۳
	تابستان	۳۵.۳۶	-	۱۸.۹۶	-	۲۰.۹۶	-	۲۶.۷	-



شکل (۶). تغییر دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در خیابان ۲۰ متری

ساختمان‌های شمالی و جنوبی خیابان ۱۸ متری

با توجه به داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز و همچنین داده‌های جدول (۲) و شکل (۷) درمجموع دو ماه بهمن و اسفند اختلاف دمای وضع موجود ساختمان شمالی خیابان ۱۸ متری با الگوی اول (۵.۲۱) درجه، الگوی دوم (۵.۴۹)، الگوی سوم (۱.۸۹) و با الگوی چهارم (۳.۴۲) درجه سانتی‌گراد بالاتر از وضع موجود نشان داده شده است؛ بنابراین، با اعمال الگوی اول و دوم در اقلیم موردنظر با اختلاف بسیار ناچیز، دمای داخلی ساختمان به مقدار (بیش از ۵ درجه در کل طبقات) در فصل سرد بالا رفته و همین امر کاهش میزان انرژی مصرفی ساختمان را برای سیستم گرمایش فضای داخلی به همراه دارد. همچنین در مرداد و شهریورماه مجموع اختلاف دمای الگوی اول با وضع موجود (۴۱.۲) درجه سانتی‌گراد در کل طبقات، الگوی دوم (۲۷.۷۹) درجه، الگوی سوم (۳۳.۴۸) درجه و با الگوی چهارم (۳۳.۶۸) درجه سانتی‌گراد بوده است. نتایج حاکی از آن است که با اعمال الگوی اول به مقدار قابل‌توجهی (بیش از ۴۱ درجه سانتی‌گراد در کل طبقات) دمای داخلی ساختمان

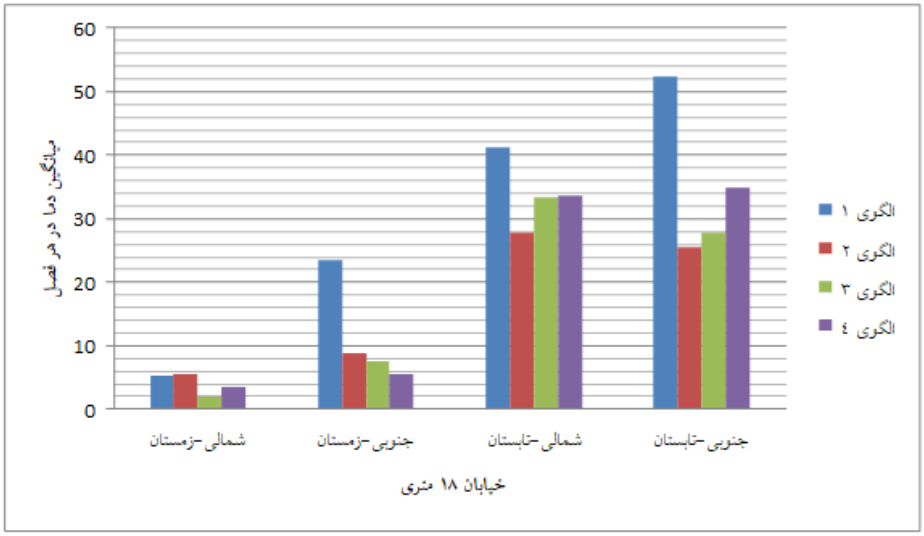
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در فصل تابستان کاهش‌یافته است؛ بنابراین، در ساختمان‌های شمالی خیابان ۱۸ متری، الگوی اول نسبت به وضع موجود بهینه‌ترین میزان کاهش مصرف انرژی را در این ساختمان نشان داده است. علاوه بر این، با توجه به داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز در فصل قبل و همچنین داده‌های جدول (۲) و شکل (۷) درمجموع میانگین دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده ساختمان جنوبی خیابان ۱۸ متری در فصل سرد (بهمن و اسفندماه)، الگوی اول با مجموع (۲۳.۴۷) درجه سانتی‌گراد، الگوی دوم با (۸.۷۵) درجه، الگوی سوم با (۷.۴۹) درجه و الگوی چهارم با مجموع (۵.۴۱) درجه سانتی‌گراد میانگین دمای بالاتری نسبت به وضع موجود در داخل ساختمان را نشان داده‌اند. نتایج این داده‌ها حاکی از این است که الگوی اول با افزایش بیش از ۲۳ درجه سانتی‌گراد در کل طبقات، مناسب‌ترین دما را نسبت به وضع موجود نشان داده است؛ بنابراین در ساختمان جنوبی خیابان ۱۸ متری نیز الگوی اول بهینه‌ترین و مناسب‌ترین دما را نسبت به وضع موجود نشان داده است. همچنین، بررسی داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز در فصل قبل و همچنین داده‌های جدول (۲) و شکل (۷) نشان می‌دهد در فصل گرما (مرداد و شهریورماه) الگوی یک نسبت به وضع موجود با میانگین (۵۲.۲۵) درجه سانتی‌گراد، الگوی دوم با (۲۵.۵۷) درجه، الگوی سوم با میانگین (۲۷.۸۳) درجه و الگوی چهارم با (۳۴.۸۹) درجه سانتی‌گراد کاهش دمای داخلی ساختمان جنوبی شبیه‌سازی‌شده در خیابان ۱۸ متری را در پی داشته است. با توجه به کاهش دمای ساختمان با اعمال الگوهای مختلف می‌توان بیان کرد که در ساختمان موردنظر، الگوی اول با کاهش بیش از ۵۲ درجه سانتی‌گراد درمجموع کل طبقات این ساختمان، بهینه‌ترین میزان دما و در راستای آن کاهش مصرف انرژی را در این‌گونه ساختمان‌ها نسبت به وضع موجود داشته است. درنهایت و با توجه به بررسی‌های صورت گرفته مشخص گردید که الگوی اول نسبت به وضع موجود در فصل سرد (با افزایش دمای داخلی ساختمان) و در فصل گرم (با کاهش دمای داخلی ساختمان) با اختلاف بسیار زیادی نسبت به سایر الگوها، دمای بهینه‌تری را در ساختمان‌های شمالی و جنوبی خیابان ۱۸ متری نشان داده است.

جدول (۲). تغییر دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در خیابان ۱۸ متری

ساختمان	فصل	الگوی ۱		الگوی ۲		الگوی ۳		الگوی ۴	
		کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش
شمالی ۱۸ متری	زمستان	-	۵.۲۱	-	۵.۴۹	-	۱.۸۹	-	۳.۴۲
	تابستان	۴۱.۲	-	۲۷.۷۹	-	۳۳.۴۸	-	۳۳.۶۸	-
جنوبی ۱۸ متری	زمستان	-	۲۳.۴۷	-	۸.۷۵	-	۷.۴۹	-	۵.۴۱
	تابستان	۵۲.۲۵	-	۲۵.۵۷	-	۲۷.۸۳	-	۳۴.۸۹	-

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]



شکل (۷). تغییر دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در خیابان ۱۸ متری

ساختمان‌های شمالی و جنوبی خیابان ۱۶ متری

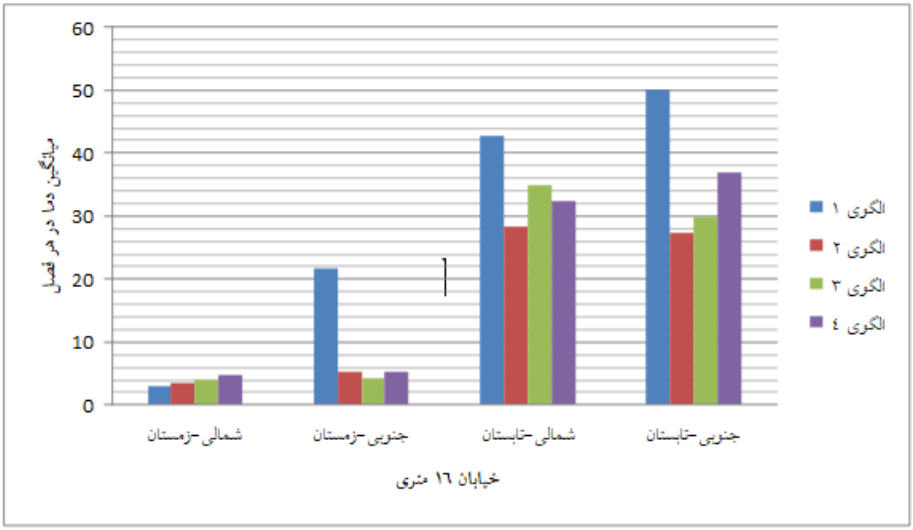
با توجه به داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز در فصل قبل و همچنین داده‌های جدول (۳) و شکل (۸) درمجموع دو ماه بهمن و اسفند اختلاف دمای وضع موجود ساختمان شمالی خیابان ۱۶ متری با الگوی اول (۳.۰۹) درجه، الگوی دوم (۳.۴۱)، الگوی سوم (۳.۹) و با الگوی چهارم (۴.۷۵) درجه سانتی‌گراد بالاتر از وضع موجود نشان داده‌شده است؛ بنابراین، با اعمال الگوی چهارم در اقلیم موردنظر، دمای داخلی ساختمان به مقدار (نزدیک به ۵ درجه در کل طبقات) در فصل سرد بالا رفته و همین امر کاهش میزان انرژی مصرفی ساختمان را برای سیستم گرمایش فضای داخلی به همراه دارد. لازم به ذکر است که اختلاف دما در بین الگوی اول و چهارم در فصل سرد کمتر از ۲ درجه بوده است. همچنین در مرداد و شهریورماه مجموع اختلاف دمای الگوی اول با وضع موجود (۴۲.۷۹) درجه سانتی‌گراد در کل طبقات، الگوی دوم (۲۸.۴۱) درجه، الگوی سوم (۳۴.۸۷) درجه و با الگوی چهارم (۳۲.۳۷) درجه سانتی‌گراد بوده است. نتایج حاکی از آن است که با اعمال الگوی اول به مقدار قابل‌توجهی (بیش از ۴۲ درجه سانتی‌گراد در کل طبقات) دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در فصل تابستان کاهش‌یافته است؛ بنابراین، در ساختمان‌های شمالی خیابان ۱۶ متری، الگوی اول نسبت به وضع موجود بهینه‌ترین میزان کاهش مصرف انرژی را در این ساختمان نشان داده است. علاوه بر این، با توجه به داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز در فصل قبل و همچنین داده‌های جدول (۳) و شکل (۸)، درمجموع میانگین دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده ساختمان جنوبی خیابان ۱۶ متری در فصل سرد (بهمن و اسفندماه)، الگوی اول با مجموع (۲۱.۸) درجه سانتی‌گراد، الگوی دوم با (۵.۳۸) درجه، الگوی سوم با (۴.۱۴) درجه و الگوی چهارم با مجموع (۵.۳۲) درجه سانتی‌گراد میانگین دمای بالاتری نسبت به وضع موجود در داخل ساختمان را نشان داده‌اند. نتایج این داده‌ها حاکی از این است که الگوی اول با افزایش نزدیک به ۲۲ درجه سانتی‌گراد در کل طبقات، مناسب‌ترین دما را نسبت به وضع موجود نشان داده است؛ بنابراین در

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

ساختمان جنوبی خیابان ۱۶ متری نیز الگوی اول بهینه‌ترین و مناسب‌ترین دما را نسبت به وضع موجود نشان داده است. همچنین، بررسی داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز در فصل قبل و همچنین داده‌های جدول (۳) و شکل (۸)، نشان می‌دهد در فصل گرما (مرداد و شهریورماه) الگوی یک نسبت به وضع موجود با میانگین (۴۹.۹۶) درجه سانتی‌گراد، الگوی دوم با (۲۷.۴۱) درجه، الگوی سوم با میانگین (۲۹.۷۶) درجه و الگوی چهارم با (۳۶.۸۳) درجه سانتی‌گراد کاهش دمای داخلی ساختمان جنوبی شبیه‌سازی‌شده در خیابان ۱۶ متری را در پی داشته است. با توجه به کاهش دمای ساختمان با اعمال الگوهای مختلف می‌توان بیان کرد که در ساختمان موردنظر، الگوی اول با کاهش نزدیک به ۵۰ درجه سانتی‌گراد درمجموع کل طبقات این ساختمان، بهینه‌ترین میزان دما و در راستای آن کاهش مصرف انرژی را در این‌گونه ساختمان‌ها نسبت به وضع موجود داشته است. در نهایت و با توجه به بررسی‌های صورت گرفته مشخص گردید که الگوی اول به‌جز در آمار فصل سرد ساختمان شمالی خیابان ۱۶ متری که کمتر از ۲ درجه الگوی چهارم دمای مناسب‌تری را نشان داده است، در سایر داده‌های شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در فصل سرد (با افزایش دمای داخلی ساختمان) و در فصل گرم (با کاهش دمای داخلی ساختمان) با اختلاف بسیار زیادی نسبت به سایر الگوها، دمای بهینه‌تری را در ساختمان‌های شمالی و جنوبی خیابان ۱۶ متری نشان داده است.

جدول (۳). تغییر دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در خیابان ۱۶ متری

ساختمان	فصل	الگوی ۱		الگوی ۲		الگوی ۳		الگوی ۴	
		کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش
شمالی ۱۶ متری	زمستان	-	۳.۰۹	-	۳.۴۱	-	۳.۹	-	۴.۷۵
	تابستان	۴۲.۷۹	-	۲۸.۴۱	-	۳۴.۸۷	-	۳۲.۳۷	-
جنوبی ۱۶ متری	زمستان	-	۲۱.۸	-	۵.۳۸	-	۴.۱۴	-	۵.۳۲
	تابستان	۴۹.۹۶	-	۲۷.۴۱	-	۲۹.۷۶	-	۳۶.۸۳	-



شکل (۸). تغییر دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در خیابان ۱۶ متری

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

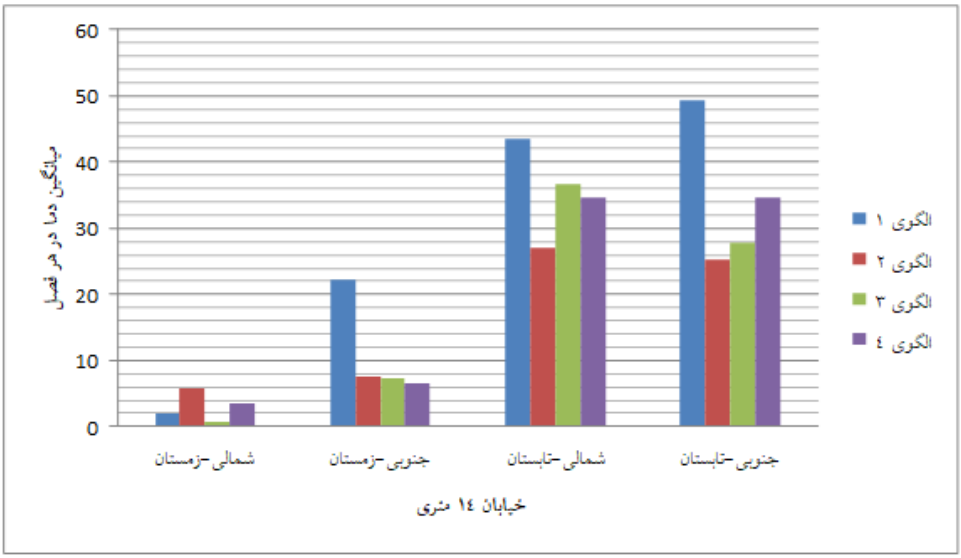
ساختمان‌های شمالی و جنوبی خیابان ۱۴ متری

با توجه به داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز در فصل قبل و همچنین داده‌های جدول (۴) و شکل (۹) درمجموع دو ماه بهمن و اسفند اختلاف دمای وضع موجود ساختمان شمالی خیابان ۱۴ متری با الگوی اول (۱.۸۷) درجه، الگوی دوم (۵.۷۹)، الگوی سوم (۰.۷) و با الگوی چهارم (۳.۴۲) درجه سانتی‌گراد بالاتر از وضع موجود نشان داده‌شده است؛ بنابراین، در این ساختمان با اعمال الگوی دوم در اقلیم موردنظر، دمای داخلی ساختمان به مقدار (نزدیک به ۶ درجه در کل طبقات) در فصل سرد بالا رفته و همین امر کاهش میزان انرژی مصرفی ساختمان را برای سیستم گرمایش فضای داخلی در فصل زمستان به همراه دارد. لازم به ذکر است که اختلاف دما در بین الگوی اول و چهارم در فصل سرد کمتر از ۵ درجه بوده است. همچنین در مرداد و شهریورماه مجموع اختلاف دمای الگوی اول با وضع موجود (۴۳.۵۷) درجه سانتی‌گراد در کل طبقات، الگوی دوم (۲۷.۰۹) درجه، الگوی سوم (۳۶.۷۹) درجه و با الگوی چهارم (۳۴.۵۸) درجه سانتی‌گراد بوده است. نتایج حاکی از آن است که با اعمال الگوی اول به مقدار قابل‌توجهی (بیش از ۴۳ درجه سانتی‌گراد در کل طبقات) دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در فصل تابستان کاهش‌یافته است؛ بنابراین، در ساختمان‌های شمالی خیابان ۱۴ متری، الگوی اول نسبت به وضع موجود بهینه‌ترین میزان کاهش مصرف انرژی را در این ساختمان نشان داده است. علاوه بر این، با توجه به داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز در فصل قبل و همچنین داده‌های جدول (۴) و شکل (۹) درمجموع میانگین دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده ساختمان جنوبی خیابان ۱۴ متری در فصل سرد (بهمن و اسفندماه)، الگوی اول با مجموع (۲۲.۳۳) درجه سانتی‌گراد، الگوی دوم با (۷.۴۷) درجه، الگوی سوم با (۷.۳۳) درجه و الگوی چهارم با مجموع (۶.۶۴) درجه سانتی‌گراد میانگین دمای بالاتری نسبت به وضع موجود در داخل ساختمان را نشان داده‌اند. نتایج این داده‌ها حاکی از این است که الگوی اول با افزایش چشم‌گیر نزدیک به ۲۳ درجه سانتی‌گراد در کل طبقات، مناسب‌ترین دما را نسبت به وضع موجود نشان داده است؛ بنابراین در ساختمان جنوبی خیابان ۱۴ متری نیز الگوی اول بهینه‌ترین و مناسب‌ترین دما را نسبت به وضع موجود نشان داده است. همچنین، بررسی داده‌های نرم‌افزار شبیه‌ساز در فصل قبل و همچنین داده‌های جدول (۴) و شکل (۹)، نشان می‌دهد در فصل گرما (مرداد و شهریورماه) الگوی یک نسبت به وضع موجود با میانگین (۴۹.۴۱) درجه سانتی‌گراد، الگوی دوم با (۲۵.۳۲) درجه، الگوی سوم با میانگین (۲۷.۷۱) درجه و الگوی چهارم با (۳۴.۶) درجه سانتی‌گراد کاهش دمای داخلی ساختمان جنوبی شبیه‌سازی‌شده در خیابان ۱۴ متری را در پی داشته است. با توجه به کاهش دمای ساختمان با اعمال الگوهای مختلف می‌توان بیان کرد که در ساختمان موردنظر، الگوی اول با کاهش نزدیک به ۵۰ درجه سانتی‌گراد درمجموع کل طبقات این ساختمان، بهینه‌ترین میزان دما و در راستای آن کاهش مصرف انرژی را در این‌گونه ساختمان‌ها نسبت به وضع موجود داشته است. درنهایت و با توجه به بررسی‌های صورت گرفته مشخص گردید که الگوی اول به‌جز در آمار ساختمان شمالی خیابان ۱۴ متری در زمستان که کمتر از ۵ درجه الگوی دوم دمای مناسب‌تری را نشان داده است، در سایر داده‌های شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در فصل سرد (با افزایش دمای داخلی ساختمان) و در فصل گرم (با کاهش دمای داخلی ساختمان) با اختلاف بسیار زیادی نسبت به سایر الگوها، دمای بهینه‌تری را در ساختمان‌های شمالی و جنوبی خیابان ۱۴ متری نشان داده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

جدول (۴). تغییر دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در خیابان ۱۴ متری

ساختمان	فصل	الگوی ۱		الگوی ۲		الگوی ۳		الگوی ۴	
		کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش
شمالی ۱۶ متری	زمستان	-	۱.۸۷	-	۵.۷۹	-	۰.۷	-	۳.۴۲
	تابستان	۴۳.۵۷	-	۲۷.۰۹	-	۳۶.۷۹	-	۳۴.۵۸	-
جنوبی ۱۶ متری	زمستان	-	۲۲.۳۳	-	۷.۴۷	-	۷.۳۳	-	۶.۶۴
	تابستان	۴۹.۴۱	-	۲۵.۳۲	-	۲۷.۷۱	-	۳۴.۶	-



شکل (۹). تغییر دمای داخلی ساختمان شبیه‌سازی‌شده نسبت به وضع موجود در خیابان ۱۴ متری

نتیجه‌گیری

موضوع انرژی و دستیابی هرچه بیشتر کشورهای پیشرفته صنعتی دنیا به منابع انرژی ارزان‌قیمت چالش‌های فراوانی را ایجاد کرده و همین امر از مباحث بسیار مهم و متداول در جهان امروز است. در این میان بیشترین میزان مصرف از کل مصرف انرژی کشور ایران در بخش ساختمان متمرکز شده است، به‌گونه‌ای که بخش ساختمان با مصرف بیش از ۴۰ درصد انرژی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده در این کشور است. از طرفی مطالعات گوناگون در مناطق مختلف دنیا نشان می‌دهد که ساختمان‌های مسکونی یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی در بخش ساختمان است. استفاده از استراتژی‌های ساده، عملی، در دسترس و مقرون‌به‌صرفه با هدف کاهش مصرف انرژی و استفاده از راهکارهای بهینه‌سازی برای کاهش تقاضای سیستم‌های مکانیکی و بهبود کیفیت آسایش حرارتی راهی برای بالا بردن کارایی ساختمان‌های مسکونی ازلحاظ مصرف انرژی است. با توجه به این‌که در آینده بیشتر ساختمان‌های مسکونی از نوع بلندمرتبه و مجهز به فناوری‌های مدیریت مصرف انرژی خواهند بود این پژوهش به بررسی امکان بهینه‌سازی مصرف انرژی در چنین ساختمان‌هایی پرداخته است. برای حصول این هدف، چهار تیپ الگوی طراحی در مقایسه با وضع موجود تعیین گردید که مهم‌ترین متغیر

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

این الگوها چه در قسمت شهرسازی و چه در قسمت معماری، مصالح به‌کاررفته در اجرای ساختمان‌های محله سعادت‌آباد شهر تهران بود. مصالح هوشمند تقریباً توانی پایان‌ناپذیر دارند، آن‌ها می‌توانند در واکنش به محیط پیرامون خود چنان تغییر کنند که مصالح طبیعی (غیرهوشمند) قادر به آن نیستند. مصالح هوشمند قادرند تحولی مثبت در معماری، ساخت‌وساز و روش زندگی ایجاد کنند؛ مثل رنگ دیواری که خود را تمیز نگاه داشته و در صورت آسیب دیدن به تعمیر خود می‌پردازد و یا دیواری که به هنگام نشت گاز یا اتصال الکتریکی در خانه هشدار می‌دهد. مصالح هوشمند می‌توانند طبق دستور رنگ عوض کنند یا در طول روز به تولید الکتریسیته پرداخته و در شب آن را در اختیار ما قرار دهند؛ اما مهم‌ترین تأثیر آن‌ها در مقوله انرژی است که از مهم‌ترین مباحث قرن پیش روست، با استفاده از مصالح هوشمند در ساختمان می‌توان در بهینه نمودن مصرف انرژی بهره جست. از نتایج شبیه‌سازی در نرم‌افزار دیزاین بیلدر را مورد تحلیل و تفسیر قرار دادیم که نتایج به‌دست‌آمده از این داده‌ها و نتایج شبیه‌سازی راه‌کارهای موردنظر پژوهش را رقم زد و از این راه‌کارها جهت فراهم نمودن شرایط آسایش حرارتی در پرتوی کاهش مصرف انرژی و همساز نمودن طرح معماری خود با شرایط اقلیمی سرد و کوهستانی بهره‌مند شد.

منابع

سعیدی، مهدی، فیضی، محسن، رفیعی، مرجان. (۱۳۹۶). **بررسی و تحلیل اثرات اقلیم بر معماری مسکن،** فصلنامه معماری سبز، (۲۳): ۱-۱۳.

Anderson, J. C. (2018), **China’s Balancing Act: Economic Growth, Climate Change and the Environment, Paper presented at the China’s Balancing Act: Economic Growth**, Climate Change and the Environment, Washington D.C., 18 September.

Arnfield AJ, Mills G M, **An analysis of the circulation characteristics and energy budget of a dry, asymmetric, east-west urban canyon. I. Circulation characteristics**, International Journal of Climatology 14, 1994

Arnfield AJ, **Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island,** International Journal of Climatology 23. 2003.

Bonan G, **Ecological Climatology**, Cambridge University Press, 2002

CIENE/University of Athens, LASH/ENTPE Lyon, ITW/University of Stuttgart, LBCP/University of Thessaloniki, Polistudies: **A multimedia tool for buildings in urban environment,** James & James, London, 2001

Cuthill, M. (۲۰۱۵), **strengthening the ‘Social’ in sustainable development: developing a conceptual framework for social sustainability in a rapid urban growth region in Australia.** Sustainable Development, 18, 362-373.

Downs, Erica (۲۰۱۶), **The Brookings Foreign Policy Studies Energy Security Series: China, December**, Washington D.C.: The Brookings Institution.

Emmanuel M R, **An Urban Approach to Climate-Sensitive Design: Strategies for the Tropics**, Spon Press, New York ,2005

Givoni B, **Climate considerations in building and urban design**, Van Nostrand Reinhold, New York, 1997

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]

Martinot, Eric (۲۰۱۷), **Powering China's Development: The Role of Renewable Energy**, Washington, DC: Worldwatch Institute.

Nichol J E, **High-resolution surface temperature patterns related to urban morphology in a tropicalcity: a satellite-based study**, Journal of Applied Meteorology 35, 1996

Nunez M, Oke T R, **The energy balance of an urban canyon**, Journal of Applied Meteorology 18, 1996.

Oke TR, **Advectively-assisted evapotranspiration from irrigated urban vegetation**, Boundary-Layer Meteorology 17, 1979

Oke TR, **The distinction between canopy and boundary layer urban heat islands**, Atmosphere 14, 1976.

Oke TR, **The energetic basis of the urban heat island**, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society ۱۰۸, ۱۹۸۷

Oke, T R, **The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects,** pp 81 107 In: Cermak J E et al, (editors) Wind Climate in Cities, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1995

Roufechaei, Kamand M. Abu Hassan Abu Bakar, Amin Akhavan Tabassi, (۲۰۱۸), **Energy-efficient design for sustainable housing development**. Journal of Cleaner Production xxx,1-9. Journal of Cleaner Production xxx

Ruffieux D, Wolfe DE, Russell C, **The effect of building shadows on the vertical temperature structure of the lower atmosphere in downtown Denver**, Journal of Applied Meteorology 29, 1990.

Santamouris M, **Energy and Climate in the Urban Built Environment**, James & James, London ,2001

Voogt J A, Oke T R, **Complete urban surface temperatures**, Journal of Applied Meteorology 36, 1997.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.8.1]
[DOI: 10.61186/jgs.23.69.217]