

ارزیابی ضوابط تعیین ارتفاع ساختمان‌ها در طرح تفصیلی همدان از جنبه کارایی انرژی با استفاده از تکنیک تاپسیس^۱

مهدی شعبانپان*، محمدهادی کابلی**، علی دهقان بنادکی***، لیلا زارع****

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۱۲/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۲/۳۱

چکیده

تعداد زیادی از شهرهای دنیا درگیر موضوع آلودگی هوا و محیط‌زیست می‌باشند. مصرف سوخت‌های فسیلی در حوزه‌های مختلف شهری به‌ویژه ساختمان‌ها تأثیر بالایی در ایجاد این آلودگی دارد. حدود چهل درصد از کل انرژی کشور صرف گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌ها می‌گردد. بهره‌گیری از انرژی پاک خورشیدی یکی از راهکارهای کاهش بار حرارتی ساختمان‌ها هست. یکی از عوامل مؤثر در میزان این بهره‌گیری، نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر مجاور آن یا شاخص رؤیت پذیری آسمان هست. به‌طوری‌که با افزایش این نسبت امکان بهره‌گیری بنا از انرژی خورشیدی کاهش و با کاهش نسبت مذکور، این امکان افزایش می‌یابد. هدف از این پژوهش ارزیابی ضوابط طرح تفصیلی شهر همدان، در خصوص روش تعیین ارتفاع ساختمان‌ها از جنبه بهره‌گیری آن‌ها از انرژی خورشیدی و تعیین رتبه کیفیت بهره‌گیری ساختمان‌های مجاور معابر شهری با عرض‌های متفاوت، از انرژی خورشیدی هست. بر اساس طرح تفصیلی همدان، چهارده گزینه اصلی به همراه حالت‌های زیرمجموعه هریک که در مجموع شامل هجده حالت می‌شود، در قالب چهار شاخص مؤثر بر میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها بر پایه روش تاپسیس برای ساختمان‌های شمالی و جنوبی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این شاخص‌ها شامل زاویه متوسط رؤیت موانع تابش انرژی خورشیدی روبروی پوسته بیرونی، نسبت سطح کل پوسته در معرض هوای آزاد به حجم کل ساختمان، نسبت سطح جدار نور گذر به سطح کل پوسته بیرونی در جبهه جنوبی و نسبت سطح پل‌های حرارتی موجود در نما به سطح کل پوسته بیرونی ساختمان هست. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به‌طور کلی در معابر کم‌عرض، ساختمان‌های جنوبی و در معابر عریض ساختمان‌های شمالی بهره‌گیری مناسب‌تری از انرژی خورشیدی در مقایسه با دیگر معابر دارند. نتایج نشان می‌دهد که در بین ساختمان‌های شمالی، بناهای واقع‌شده در مجاورت معابر ۷۵ متری دارای مناسب‌ترین و بناهای مجاور معابر ۱۰ متری واقع‌شده در زمین‌های با مساحت بیش از ۲۲۰ مترمربع نامناسب‌ترین عملکرد را دارند. همچنین در بین ساختمان‌های جنوبی، بناهای واقع‌شده در مجاورت معابر ۴ متری دارای مناسب‌ترین و بناهای مجاور معابر ۳۰ متری واقع‌شده درزمینه‌ای با مساحت کمتر از ۳۰۰ مترمربع نامناسب‌ترین عملکرد را دارند.

واژگان کلیدی

طرح تفصیلی، همدان، ارتفاع ساختمان، کارایی انرژی، تاپسیس

* گروه معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

** استادیار گروه معماری، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران (نویسنده مسئول)

*** استادیار گروه عمران، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

**** استادیار گروه معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

این مقاله برگرفته از بخشی از رساله دکتری تخصصی نویسنده اول تحت عنوان تعیین ویژگی‌های بلوک حاوی پلی استایرن به منظور حداکثر بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد به راهنمایی نویسندگان دوم و سوم و مشاوره نویسنده چهارم در گروه معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب می‌باشد.

مقدمه

آلودگی محیط‌زیست و سکونتگاه‌های انسانی یکی از دغدغه‌های اصلی اکثر جوامع و شهرهای امروز است. میزان آلاینده‌ها در سال‌های پس از انقلاب صنعتی و به‌خصوص در دهه‌های اخیر به علت پیشرفت‌های فناوری، افزایش وسایل نقلیه، توسعه صنایع و نیز گسترش شتابان شهرها نسبت به گذشته از رشد فزاینده‌ای برخوردار بوده است. همین امر موجب شده تا ذهن سیاست‌گذاران و برنامه ریزان شهری به دنبال یافتن راه‌حل‌هایی جهت کاهش این پدیده و یا ارائه راهکارهایی به‌منظور مقابله با پیامدهای ناگوار ناشی از آن باشد. آلودگی زیست‌محیطی، که بخش زیادی از آن پیامد مصرف بالای انرژی‌های فسیلی هست، سبب دگرگونی طبیعت و حیات جانداران شده است. تغییرات اقلیمی، افزایش گازهای گلخانه‌ای، تخریب لایه ازن، کاهش تنوع گونه‌های حیات و آلودگی منابع طبیعی حیات انسان را در معرض تهدید قرار داده است. مواد حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی می‌تواند به بروز امراض قلبی، ریوی، تنگی نفس، افزایش بیماری‌های تنفسی در کودکان، تشدید بیماری‌های قلبی، انقباضات عضله، بیماری‌های روده‌ای، عصبی، کلیوی، مغز، افزایش سرفه، ناراحتی‌های سینه، حساسیت‌های چشمی، بینی، گلو، کاهش اکسیژن خون، کاهش هوشیاری انسان، ضعف و فقدان کنترل و نیز وارد آمدن خسارات گاه جبران‌ناپذیر بر وظیفه ذهن و مغز و سایر اندام انسان و تشدید اثرات آلوده‌کننده‌های گازی منجر شود (محمد زاده و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۹۶). طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت در هر سال سه میلیون نفر در اثر آلودگی هوا می‌میرند و افراد زیادی از بیماری‌های ناشی از آن رنج می‌برند (Samakovlis et al, 2005: 341). مسئله آلودگی و آثار زیست‌محیطی توسعه صنعتی نه تنها تهدیدی برای حیات انسان است، بلکه زیربنای توسعه اجتماعی-اقتصادی جوامع را تهدید می‌کند. کمیسیون سازمان ملل در خصوص محیط‌زیست و توسعه در سال ۱۹۸۷ اعلام کرده که یکی از خطرهای اصلی علیه تمدن بشریت، تسریع در تخریب محیط‌زیست است (ابراهیمی و آقاسیدجعفر کشفی، ۱۳۹۵: ۵).

افزایش دما اثرات وسیعی بر ساختار جوامع و شالوده تمدن انسانی دارد. افزایش دما نه تنها بخش کشاورزی و سلامتی انسان را متأثر می‌سازد؛ بلکه بر بخش‌های دیگر از قبیل فضاهای سکونتگاهی، انرژی، حمل‌ونقل، صنعت، محیط‌زیست و سایر بخش‌های بنیادین زندگی بشر اثرگذار است. تغییرات در حد ۱ تا ۲ درجه‌ای دما دارای این قابلیت است که فعالیت‌های انسانی را متأثر سازد و جابه‌جایی‌های جمعیتی را موجب می‌شود. طبیعی است که با افزایش دما، الگوی مصرف انرژی نیز تغییر می‌یابد (عطایی و فنایی، ۱۳۹۲: ۷۲). در حال حاضر حدود چهل درصد از کل انرژی کشور صرف گرمایش و روشنایی ساختمان‌ها می‌گردد. متأسفانه با این وجود، اقدامات انجام شده در سال‌های اخیر، اثربخشی مورد انتظار را در کاهش مصرف انرژی بخش ساختمان نداشته است و رشد مصرف، همچنان روند افزایشی نگران‌کننده‌ای دارد. بدیهی است که تداوم این وضعیت، تبعات اقتصادی و زیست‌محیطی جبران‌ناپذیری برای کشور به دنبال خواهد داشت (مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۹: خ). حفظ زنجیره حیات، تأمین سلامت و لزوم تأمین منابع سالم غذایی و همچنین نیاز به منبعی از مواد اولیه برای تأمین نیازهای انسان، از جمله دلایلی هست که ضرورت کاهش استفاده از انرژی‌های فسیلی در ساختمان‌ها به‌عنوان یکی از مصرف‌کنندگان عمده انرژی در کشور را ایجاب کرده است. ضوابط و روش‌های متعددی به‌منظور کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها وجود دارد. از جمله روش‌هایی که در سال‌های اخیر مورد توجه واقع گردیده، بهره‌گیری از انرژی پاک خورشیدی جهت کاهش بار حرارتی ساختمان‌ها هست. یکی از راه‌های تحقق این امر، به حداکثر رساندن میزان بهره‌گیری فضاهای داخلی ساختمان از انرژی خورشیدی به‌منظور گرمایش طبیعی طی فصول سرد سال هست. بر این اساس می‌توان انتظار داشت ساختمان‌هایی که میزان بهره‌مندی بیشتری از انرژی خورشیدی در این قالب را داشته، در مقایسه با ساختمان‌های مشابه، نیاز کمتری به مصرف انرژی‌های فسیلی جهت گرمایش داشته باشند. یکی از عوامل مؤثر در میزان این بهره‌گیری، نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر مجاور آن یا شاخص رویت پذیری آسمان هست. به طوری که با افزایش این نسبت امکان بهره‌مندی بخش‌های مختلف بنا از انرژی خورشیدی کاهش و با کاهش نسبت مذکور، این امکان افزایش می‌یابد.

هدف این پژوهش ارزیابی ضوابط طرح تفصیلی شهر همدان، در خصوص روش تعیین ارتفاع ساختمان‌ها از جنبه بهره‌گیری آن‌ها از انرژی خورشیدی و تعیین رتبه کیفیت بهره‌گیری ساختمان‌های مجاور معابر شهری با عرض‌های متفاوت، از انرژی خورشیدی هست. شهر همدان به لحاظ اقلیمی در منطقه سرد و کوهستانی طبقه‌بندی گردیده و نیاز غالب حرارتی سالانه ساختمان‌های آن از نوع گرمایشی و به مقدار زیاد هست (مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۹: ۷۹)؛ لذا همدان در مقایسه با دیگر اقلیم‌ها، از ظرفیت بالاتری در امکان صرفه‌جویی انرژی ساختمان‌ها برخوردار بوده و این امر یکی از دلایلی است که باعث گردیده تا این شهر به‌عنوان محل پژوهش انتخاب گردد. چون این پژوهش در نهایت قصد داشته تا رتبه کیفیت بهره‌گیری ساختمان‌های مجاور معابر شهری با عرض‌های متفاوت، از انرژی خورشیدی را بر اساس ضوابط طرح تفصیلی در شهر همدان مشخص نماید و برای دستیابی به این مقصود، اقدام به اولویت‌بندی گزینه‌ها بر اساس چند معیار مرتبط با یکدیگر می‌کند؛ لذا از تکنیک تاپسیس در ارزیابی استفاده شده است.

پیشینه تحقیق

به‌طور کلی پژوهش‌های مرتبط با سنجش تأثیر هندسه، ابعاد و جهت قرارگیری خیابان‌ها و دره‌های شهری بر رفتار حرارتی محیط را به دو گروه می‌توان تقسیم نمود. در گروه اول به سنجش مستقیم این عوامل بر رفتار حرارتی و کسب انرژی خورشیدی توسط ساختمان‌های مجاور معابر پرداخته شده و در گروه دوم پژوهش‌هایی قرار می‌گیرد که شرایط اقلیمی در محیط بیرونی مجاور ساختمان‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد. بدیهی است که تغییر شرایط حرارتی محیط بیرونی ساختمان، بر عملکرد حرارتی و میزان بارهای گرمایشی و سرمایشی فضاهای درونی ساختمان نیز تأثیرگذار است. بر همین پایه تعدادی از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه را در ادامه می‌توان ذکر کرد.

وارتولومایوس با راهکاری مبتنی بر تحلیل پوسته بلوک خورشیدی ساختمان‌های مسکونی (RSB) پس از بررسی بافت شهری تسالونیک که دارای آب‌وهوایی مدیترانه بوده، به ارائه مدلی جهت تعیین فرم بلوک‌های ساختمانی به‌منظور بهره‌مندی بهینه از انرژی خورشیدی در طرح جامع شهر پرداخته و در نهایت بر اساس مدل‌های شبیه‌سازی شده در نرم‌افزارهای رایانه‌ای، فرم خطی را به‌عنوان بهترین الگوی جهت پیاده‌سازی مدل مذکور از نظر کسب حداکثر انرژی خورشیدی در فصل زمستان معرفی می‌کند (Vartholomaios, 2015: 311). بوریبا و اوبی طی تحقیقاتی به بررسی متغیرهایی همچون دمای سطوح و محیط مجاور در خیابان‌های بافت سنتی و معاصر شهر EL-Oued واقع در جنوب شرق الجزایر که دارای آب‌وهوای گرم و خشک هست پرداخته‌اند. ایشان در پژوهش خود بر پایه سنجش زاویه تابش خورشیدی در طی فصول و ساعات مختلف به درون کوچه‌ها و فضای باز مابین ساختمان‌ها، و نیز اندازه‌گیری دمای محیط و سطوح بدنه‌های ساختمان نتیجه گرفته‌اند که هندسه فضای باز شهری و نسبت ارتفاع ساختمان‌ها به عرض معابر مجاور، نقشی قاطع در دمای محیط و رفتار حرارتی ساختمان دارد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش نسبت مذکور، میزان تابش خورشیدی به داخل معابر کاهش می‌یابد (Bourbia & Awbi, 2004: 261).

همچنین بر پایه اندازه‌گیری‌های محیطی و شبیه‌سازی‌های مربوط به روند سایه‌پردازی معابر در تحقیقات ایشان، علاوه بر نسبت اشاره‌شده، از جهت جغرافیایی استقرار خیابان‌ها نیز به‌عنوان دیگر عامل مؤثر بر رفتار حرارتی یاد شده است (Bourbia & Awbi, 2004: 291). موری و دیگران بر اساس اطلاعات GIS ساختمان‌های ژاپن و نیز بهره‌گیری از داده‌های آب‌وهوایی با تحلیل نرم‌افزاری سه الگوی ساختمانی که پنجره‌های واقع در بدنه‌های جنوبی هریک به لحاظ ابعاد با دیگری متفاوت هست، به ارائه روشی به‌منظور تجزیه و تحلیل انرژی خورشیدی هدررفته و کسب شده به‌طور مستقیم از طریق پنجره‌های جنوبی در اقلیم سرد ژاپن پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که با تعیین اندازه مناسب پنجره‌های اشاره‌شده می‌توان حداقل هدر رفت انرژی گرمایش و حداکثر بهره‌گیری از انرژی تابشی خورشید را به‌منظور گرمایش فضای داخلی ساختمان‌های اقلیم سرد، تأمین نمود (Mori et al, 2015: 2208). والانی و دیگران با مدل‌سازی در نرم‌افزار TRNSYS و انجام محاسبات عددی، به بررسی تأثیر بازتابش‌های متوالی بین سطوح ساختمان‌های مجاور معابر پرداخته‌اند. در این پژوهش ساختمان‌های منفرد و نیز مجموعه‌ای از ساختمان‌های واقع شده در یک خیابان شهری در جهت نای جغرافیایی متفاوت در سه حالت از نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در هریک از این حالت‌ها نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر، به ترتیب معادل ۰.۵، ۱ و ۲ در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد در طی فصول سرد سال، ساختمان‌های واقع شده در مجاورت معابر با کمترین نسبت فوق، بیشترین میزان تابش خورشیدی را دریافت نموده و ساختمان‌های دارای بیشترین نسبت مذکور در کلیه جهات جغرافیایی، محروم‌ترین نمونه از دریافت تابش خورشیدی می‌باشند (Vallati et al, 2017: 271). ژنگ وی و دیگران در پژوهش خود با استفاده از روش‌های مدل‌سازی به بررسی میزان بهره‌گیری گونه‌های مختلف تیپولوژی ساختمان در شهر ماکائو از انرژی خورشیدی پرداخته و چهار حالت ساختمانی را برای بلوک‌های مختلف، در قالب یک محله با یکدیگر مقایسه نموده‌اند. بخشی از نتایج پژوهش مذکور نشان می‌دهد که در بلوک‌هایی که فاصله ساختمان‌ها از یکدیگر افزایش یافته میزان بهره‌گیری ساختمان‌های آن بلوک از انرژی خورشیدی برحسب کیلواوات ساعت بر مترمربع افزایش یافته و بالعکس در بلوک‌های متراکم‌تر با شدت یافتن سایه‌اندازی ساختمان‌ها بر یکدیگر، این شاخص کاهش می‌یابد (et al, 2016: 212). Zhenqwei). تسانگ هوانگ و جن لی با استفاده از نرم‌افزارهای انوی مت و انرژی پلاس به تحلیل شرایط اقلیمی محیط بیرون و نیز مصرف انرژی در ساختمان‌های مجاور خیابان‌های دارای درخت در اقلیم گرم و مرطوب تایوان پرداخته‌اند. آن‌ها در پژوهش خود چهار جهت متفاوت برای خیابان‌ها با نسبت ارتفاع به عرض‌های چهارگانه در نظر گرفته و پس از تحلیل و مقایسه نمونه‌ها با یکدیگر چنین نتیجه‌گیری کرده‌اند که نسبت ارتفاع ساختمان‌ها به عرض معبر مجاور تأثیر زیادی در شرایط اقلیمی خیابان و نیز مصرف انرژی در ساختمان‌ها می‌گذارد. به‌طوری‌که در خیابان نای کم‌عمق، انرژی الکتریکی بیشتری در مقایسه با خیابان‌های عمیق به‌منظور خنک‌سازی فضای درون ساختمان‌ها مصرف می‌شود (Tsang Huang & Jhen Li, 2017: 463). میرکوویچ و الاوادی نیز با ارائه سه مدل نمونه از بلوک‌های ساختمانی یک، دو

و سه طبقه در منطقه الفلاح ابوظبی به بررسی تأثیر ارتفاع ساختمان و عرض معابر بر میزان کسب انرژی خورشیدی پرداخته‌اند. نتایج حاصل از پژوهش ایشان نشان می‌دهد که با حفظ فاصله بین ساختمان‌ها، در صورت افزایش ارتفاع بنا، میزان بهره‌گیری ساختمان از انرژی خورشیدی کاهش می‌یابد (Mirkovic & Alawadi, 2017: 280). اندرو در تحقیقی به بررسی تأثیر بافت شهری، هندسه و جهت جغرافیایی خیابان‌ها بر میزان سایه‌اندازی در دو شهر مدیترانه‌ای در یونان پرداخته است. نتایج پژوهش وی نشان می‌دهد که در همه حالات مختلف، ساختمان‌های واقع شده در بافت‌هایی که از نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر کمتری برخوردار بوده، در فصول مختلف سال بهره بیشتری از انرژی خورشیدی کسب می‌کنند. همچنین در طی ماه دسامبر ساختمان‌های واقع در معابر شرقی غربی و در ماه جولای ساختمان‌های مجاور معابر شمالی-جنوبی دارای بهره بیشتری نسبت به سایر ساختمان‌ها از انرژی خورشیدی می‌باشند (Andreou, 2014: 593). جهاد و طهیری به بررسی اثر نسبت ابعاد بر شار حرارتی دره‌های شهری و آسایش حرارتی فضای بیرونی در سه منطقه اقلیمی متفاوت مراکش بر اساس نسبت ارتفاع ساختمان‌ها به عرض معابر پرداخته‌اند. یافته‌های پژوهش ایشان نشان می‌دهد که نسبت ۰.۵ در شهر اراچیدیا، ۲.۵ الی ۳.۴ برای شهر آگادیر و ۱.۲ الی ۱.۹ برای شهر فاس مناسب‌ترین حالت تأمین آسایش حرارتی را تأمین نموده و در نسبت نای بالاتر می‌توان از طریق کاربرد مصالح دارای ظرفیت حرارتی مناسب در ضخامت دیوارهای بافت تاریخی مذکور آسایش حرارتی را تأمین نمود (Jihad & Tahiri, 2016: 25). ثناگردرانی و دیگران طی پژوهشی که به صورت مقایسه‌ای در دو بافت قدیمی و جدید واقع در اقلیم خشک شهر مشهد با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی انوی مت انجام داده‌اند، به سنجش تأثیر تغییرات هندسه بافت شهری بر دمای محیط و آسایش حرارتی پرداخته‌اند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تغییر در هندسه پیکربندی خیابان از طریق بالا بردن نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر مجاور و تبعات حاصل از سایه‌اندازی آن، تأثیر زیادی بر خرده اقلیم شهری و آسایش حرارتی بیرونی عابران پیاده داشته و افزایش نسبت فوق، آسایش حرارتی بیرونی را در اقلیم یادشده افزایش می‌دهد (ثناگردرانی و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۷۵). خلیلی و ایلان لو تأثیر عناصر اقلیمی در معماری شهری را در ماه‌شهر مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفته‌اند که در بافت قدیم به دلیل این که به زوایای تابش خورشیدی کمتر اهمیت داده می‌شد و معمولاً اتاق‌ها در اطراف حیاط پراکنده بودند در تمام ساعات روز در یک قسمت از ساختمان تابش وجود دارد و با توجه به شرایط اقلیمی ماه‌شهر که دما مهم‌ترین پارامتر در ایجاد عدم آسایش اقلیمی است این عامل بسیار مهم به شمار می‌رود (خلیلی و ایلان لو، ۱۳۹۶: ۱۶۱). سیدالعسکری و همکاران تأثیر ناشی از افزایش ارتفاع بلوک‌های ساختمانی در بافت مرکز شهر اصفهان بر کیفیت هوای بلوک شهری را مورد بررسی قرار داده و بخشی از نتایج پژوهش ایشان نشان می‌دهد که در زمستان با افزایش ارتفاع، دمای بلوک شهری تا میزان ۰.۲۵ درجه کاهش یافته و این موضوع در کنار تغییر دیگر عوامل اقلیمی سبب افزایش پدیده وارونگی هوا در این بلوک شهری و راکد شدن هوای نزدیک زمین و در نتیجه تجمع آلاینده‌ها در سطح عابر پیاده می‌شود (سیدالعسکری و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۷۹). شفیی و همکاران نیز در پژوهش خود بر فرم مطلوب ساختمان به منظور دریافت انرژی تابشی در شهر تهران تمرکز کرده‌اند. بر مبنای نتایج حاصل از شبیه‌سازی و تحلیل نای نرم‌افزاری ایشان، عواملی نظیر افزایش سطح پوسته جنوبی فرم ساختمان، سایه‌اندازی به روی ساختمان در فصل تابستان، پرهیز از فرم نای محدب و مقعر و استفاده از فرم نای هرمی شکل در طراحی معماری ساختمان‌ها می‌تواند منجر به شکل‌گیری فرم مناسب ساختمان برای کسب انرژی خورشیدی باشد (شفیی و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۹).

روش تحقیق

هدف از این پژوهش، ارزیابی ضوابط طرح تفصیلی شهر همدان، در زمینه روش تعیین ارتفاع ساختمان‌ها از جنبه بهره‌گیری آن‌ها از انرژی خورشیدی و تعیین رتبه کیفیت بهره‌گیری ساختمان‌های مجاور معابر شهری با عرض‌های متفاوت، از انرژی خورشیدی هست. بر اساس این هدف، نوع تحقیق را باید در حوزه پژوهش‌های توسعه دانست. پژوهش توسعه‌ای به دنبال نظریه‌پردازی نبوده و به‌طور معمول، به‌منظور تشخیص مناسب بودن فرآیندها، روش‌ها و برنامه‌ها، آفرینش طراحی، تولید، معرفی و انتشار یک محصول یا فرآیند جدید، انجام شده و بیشتر دارای رویکردی آینده‌گرا هست. با توجه به اینکه ویژگی اساسی پژوهش‌های توسعه‌ای، گسترش مرزهای دانش موجود و تبیین حوزه نای ناشناخته آن بوده که با ترویج نتایج حاصل از پژوهش‌های بنیادین و کاربردی، به دنبال بهبود روش‌های موجود و یا ارائه روش‌های نوین در تولید مواد، فرآورده‌ها و فرآیندها هست و پژوهش حاضر نیز به دنبال آن بوده تا با شناخت ضوابط موجود در طرح تفصیلی شهر همدان، زمینه‌ای را برای بهره‌گیری مؤثرتر ساختمان‌ها از انرژی خورشیدی در بازنگری‌ها و طرح نای تفصیلی آتی فراهم آورد؛ لذا نوع این تحقیق در زمره پژوهش‌های توسعه‌ای طبقه‌بندی می‌شود. این موضوع همچنین روش تحقیق را در قالب پیمایشی و البته در زیرمجموعه توصیفی مشخص می‌نماید. در پژوهش‌های توصیفی معمولاً توصیف واقعی و منظم خصوصیات یک موقعیت یا یک موضوع منجر به شناخت شرایط

فعلی شده و بر پایه این شناخت، به فرآیند تصمیم‌گیری در طرح نای توسعه آتی کمک می‌شود. از آنجاکه پژوهش‌های توصیفی پیمایشی به مطالعه ویژگی نای موردنظر در وضعیت فعلی یک جامعه آماری پرداخته و در پژوهش حاضر نیز با گردآوری اطلاعاتی از طرح تفصیلی شهر همدان، بر پایه داده‌های کمی به توصیف روش تعیین ارتفاع ساختمان‌ها طی این طرح از جنبه بهره‌گیری ساختمان از انرژی خورشیدی و تعیین رتبه کیفیت بهره‌گیری ساختمان‌های مجاور معابر شهری با عرض‌های متفاوت، از انرژی خورشیدی پرداخته‌شده؛ لذا روش تحقیق، در سطح کلی از نوع توصیفی و از نظر زیرمجموعه نای روش توصیفی، در قالب پیمایشی قرار می‌گیرد. به‌منظور گردآوری اطلاعات موردنیاز در این تحقیق، حسب مورد از شیوه نای متفاوتی استفاده می‌شود. در بخشی از پژوهش که ناظر بر ضوابط طرح تفصیلی همدان هست، شیوه اسنادی موردتوجه قرار گرفته و با مطالعه منابع، گزارش‌ها و اسناد کتابخانه‌ای موجود و مرتبط با طرح تفصیلی فعلی همدان، اطلاعات لازم گردآوری شده است. در بخش تعیین معیارها و وزن هریک از آن‌ها، با متخصصین مرتبط اقدام به مصاحبه گردیده و در نهایت اطلاعات کالبدی ساختمان‌ها و معابر، از طریق مشاهده مستقیم بافت موجود شهر همدان ثبت و جمع‌آوری گردید. ابزار مورد استفاده نیز برحسب شیوه گردآوری اطلاعات در هر بخش متفاوت هست، به‌طوری‌که در بخش اسنادی، مطالب به‌وسیله فیش تحقیق و در بخش مصاحبه با متخصصین به‌منظور تعیین معیارها از ضبط صوت استفاده شده است. همچنین به‌منظور تعیین وزن معیارها از پرسشنامه مقایسه زوجی با طیف نه درجه‌ای لیکرت و در نهایت در بخش برداشت نای میدانی بافت شهر از دوربین تصویربرداری استفاده شده است. در این پژوهش با توجه به نظرخواهی از متخصصین مرتبط، چهار معیار به‌منظور سنجش کارایی انرژی ساختمان‌ها بر اساس ارتفاع اختصاص یافته به آن‌ها که در طرح تفصیلی شهر همدان با توجه به عرض معابر مجاور تعیین می‌شود، مشخص گردیده است. این معیارها شامل موارد زیر است:

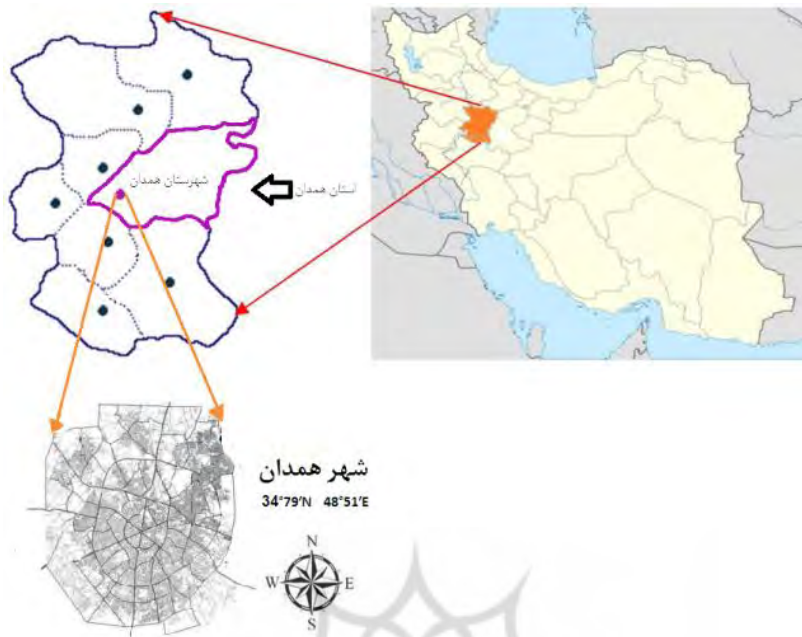
- زاویه متوسط رؤیت موانع تابش انرژی خورشیدی روبروی پوسته بیرونی ساختمان؛
- نسبت سطح کل پوسته در معرض هوای آزاد به حجم کل ساختمان؛
- نسبت سطح جدار نور گذر به سطح کل پوسته بیرونی در جبهه جنوبی ساختمان؛
- نسبت سطح پل‌های حرارتی موجود در نما به سطح کل پوسته بیرونی ساختمان.

بر اساس ماهیت و کارکرد هریک از شاخص‌های فوق، معیارهای اول، دوم و چهارم دارای جنبه منفی و معیار سوم جنبه مثبت دارد. با توجه به اینکه در این پژوهش، گزینه‌های چهارده‌گانه موجود که همان ارتفاع ساختمان‌ها با توجه به عرض معابر مجاور طبق طرح تفصیلی شهر همدان هست، بر اساس چهار معیار مذکور به‌عنوان متغیرهای پژوهش مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت کارایی هریک از دیدگاه انرژی رتبه‌بندی می‌شود؛ لذا روش تاپسیس که یکی از تکنیک نای مورد استفاده در تصمیم‌گیری چند معیاره هست، به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده مورد استفاده قرار گرفته است. ویژگی بارز روش تاپسیس این است که بر اساس گزینه‌های موجود، دو حالت فرضی تعیین می‌نماید که یکی نشان‌دهنده بهترین حالت یا در اصطلاح، ایده آل مثبت و دیگری بیانگر بدترین حالت یا در اصطلاح ایده آل منفی هست. در این روش بر اساس میزان دوری یا نزدیکی هریک از گزینه‌های این پژوهش به دو حالت ذکر شده، رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام می‌شود. به‌طوری‌که هرچه گزینه موردنظر به ایده آل مثبت نزدیک‌تر بوده و یا از ایده آل منفی دورتر باشد، در رتبه بالاتر و با نزدیک‌تر شدن به ایده آل منفی و دور شدن از ایده آل مثبت در رتبه نای پائین‌تر واقع می‌شود. به‌منظور انجام این روند، در مرحله نخست، ماتریس تصمیم‌گیری بر اساس تعیین مقادیر عددی برای هریک از شاخص‌ها اعم از مثبت یا منفی تشکیل می‌شود. سپس اقدام به نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری می‌شود. در مرحله بعد، وزن اختصاص یافته به هریک از معیارها که از طریق پرسشنامه مقایسه زوجی با طیف نه درجه‌ای لیکرت مشخص شده، در ماتریس نرمال اعمال شده تا ماتریس بی‌مقیاس موزون شکل گیرد. در مرحله پایانی نیز ایده آل نای مثبت و منفی مشخص و سرانجام فاصله هریک از گزینه‌ها تا ایده آل نای مذکور تعیین و رتبه‌بندی آن‌ها صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه نرم‌افزار اکسل حاوی فرمان نای موردنیاز جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب روش تاپسیس بوده و خروجی نای لازم را به کمک دستورات این نرم‌افزار می‌توان به دست آورد؛ لذا از این نرم‌افزار به‌عنوان ابزار پردازش داده‌ها استفاده گردیده است.

محدوده مورد مطالعه

شهر همدان که به لحاظ اقلیمی واجد خصوصیت مناطق سرد هست، به‌عنوان محل اجرای تحقیق انتخاب شده است. این شهر مرکز شهرستان و استان همدان هست. شهرستان همدان، از شمال به شهرستان‌های فامنین و کیبودرآهنگ، از جنوب به توپسرکان و ملایر، از شرق به استان مرکزی و از غرب به شهرستان بهار محدود می‌شود. شهر همدان در موقعیت طول جغرافیایی 51° و 48° شرقی و عرض جغرافیایی 34° و 33° قرار دارد.

شمالی و ارتفاع ۱۷۴۱ متر از سطح دریا واقع شده است. از نظر تقسیم‌بندی مدیریت شهری، این شهر به چهار منطقه و هر منطقه به سه ناحیه تقسیم می‌شود. جمعیت این شهر در سرشماری سال ۱۳۹۵ معادل ۵۵۴۴۰۶ نفر اعلام گردیده است.



تصویر ۱- محدوده مورد مطالعه

بحث و ارائه یافته‌ها

بر اساس هدف این پژوهش که به دنبال ارزیابی ضوابط طرح تفصیلی شهر همدان، در خصوص روش تعیین ارتفاع ساختمان‌ها از جنبه بهره‌گیری آن‌ها از انرژی خورشیدی و تعیین رتبه کیفیت بهره‌گیری ساختمان‌ها از انرژی خورشیدی هست، از روش تاپسیس استفاده شده است. اولین طرح برای شهر همدان در سال ۱۳۲۰ توسط کارل فریش تهیه گردید. سپس طرح جامع و تفصیلی توسط مهندسی مشاور مرجان از سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۶۵ و در ادامه طرح جامع و تفصیلی مهندسی مشاور موژدا از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۴ برای این شهر تهیه گردید. طرح جامع و تفصیلی فعلی همدان در سال ۱۳۸۵ توسط مهندسی مشاور طرح و تدوین تهیه گردیده و در حال حاضر ارتفاع ساختمان‌هایی که قصد احداث بنای جدید داشته، بر اساس ضوابط این طرح تعیین می‌شود. در جدول ۱، این مقادیر بر پایه عرض معبر مجاور و مساحت باقیمانده پلاک پس از تعریض احتمالی ارائه گردیده است.

جدول ۱- ضوابط تعیین ارتفاع ساختمان‌ها با توجه به عرض معابر مجاور

عرض معبر	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۸ - ۲۴	۳۰ - ۳۵	۷۵ و بیشتر
کد گزینه	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8
مساحت بعد از تعریض	پلاک‌ها	پلاک‌ها	از ۲۲۰	بیشتر از ۲۲۰	بیشتر از ۲۲۰	بیشتر از ۲۲۰	بیشتر از ۲۵۰	بیشتر از ۳۵۰
تعداد طبقات	۲.۵	۳.۵	۳.۵	۴.۵	۴.۵	۵.۵	۶.۵	۷.۵
ارتفاع نهایی	۹.۳۰	۱۲.۵۰	۱۲.۵۰	۱۵.۷۰	۱۵.۷۰	۱۸.۹۰	۲۲.۱۰	۲۵.۳۰

(طرح تفصیلی شهر همدان، مهندسی مشاور طرح و تدوین، ۱۳۸۵)

با توجه به این ضوابط، چهارده گونه مختلف برای ارتفاع یک ساختمان جدیدالاحداث در شهر همدان می‌توان در نظر گرفت که هر یک از حالت‌های مذکور به‌عنوان یک گزینه، از منظر کارایی انرژی با دیگر گزینه‌ها مقایسه و در نهایت رتبه‌بندی می‌شود. جهت شناسایی معیارها و شاخص‌های تأثیرگذار بر کارایی انرژی ساختمان‌ها، ضمن مروری بر نظرات اندیشمندان و منابع مرتبط، تعدادی از این معیارها مشخص گردید.

سپس با نظرخواهی از متخصصین نسبت به انتخاب تعدادی از شاخص‌های مجموعه مذکور که در ارتباط مستقیم با ارتفاع ساختمان‌ها هست اقدام شد. در این مرحله چهار شاخص مؤثر در کیفیت بهره‌گیری ساختمان‌های مجاور معابر شهری با عرض‌های متفاوت، از انرژی خورشیدی به‌عنوان معیارهای نهایی تعیین گردید.

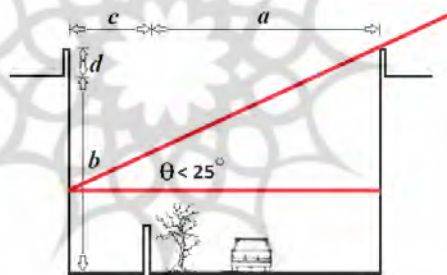
جدول ۲- شاخص‌های تأثیرگذار بر کارایی انرژی ساختمان‌ها

ردیف	کد معیار	عنوان	جنبه
۱	C1	زاویه متوسط رؤیت موانع تابش انرژی خورشیدی روبروی پوسته بیرونی ساختمان	منفی
۲	C2	نسبت سطح کل پوسته در معرض هوای آزاد به حجم کل ساختمان	منفی
۳	C3	نسبت سطح جدار نور گذر به سطح کل پوسته بیرونی در جبهه جنوبی ساختمان	مثبت
۴	C4	نسبت سطح پل‌های حرارتی موجود در نما به سطح کل پوسته بیرونی ساختمان	منفی

(نویسندگان بر اساس نظرات اندیشمندان و منابع مرتبط)

پس از تعریف گزینه‌ها و معیارهای تحقیق، به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها در روش تاپسیس، مراحل زیر طی می‌شود.

مرحله اول: ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری: در این مرحله لازم است، امتیاز کسب‌شده هر گزینه در هریک از شاخص با توجه به جنبه مثبت یا منفی شاخص مذکور تعیین گردد؛ لذا چهارده گزینه ارائه شده در جدول شماره یک از دیدگاه چهار شاخص جدول شماره دو موردسنجش قرار می‌گیرد. در خصوص زاویه متوسط رؤیت موانع تابش انرژی خورشیدی روبروی پوسته بیرونی ساختمان، بر اساس مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان برای زوایای کمتر از ۱۰ درجه، این شاخص در حالت بهینه و در زوایای بیشتر، مشروط به عدم تجاوز از ۲۵ درجه، شاخص مذکور قابل قبول ارزیابی می‌شود. چنانچه این زاویه فراتر از ۲۵ درجه گردد، شاخص یادشده نیز فاقد کارایی هست (مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۹: ۶۸). زاویه متوسط رؤیت، تابعی از عرض معبر (a)، ارتفاع بام نهایی ساختمان (b)، ارتفاع جان‌پناه روی بام (d) و عرض حیاط ساختمان (c) هست.



تصویر ۲- زاویه متوسط رؤیت موانع تابش انرژی خورشیدی روبروی پوسته بیرونی ساختمان (نویسندگان بر اساس مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان) مقادیر ارتفاع نهایی بنا با توجه به عرض معبر در جدول شماره یک تعیین گردیده است. با احتساب طول ۲۰ و عرض ۱۰ متر برای پلاک نای دارای ۲۰۰ مترمربع مساحت، چنانچه ارتفاع جان‌پناه روی بام معادل ۱.۱ متر، ابعاد حیاط ۸ در ۱۰ متر و تراکم ساختمان‌ها نیز ۶۰ درصد در نظر گرفته شود، درصد بهره‌مندی هر ساختمان احداث‌شده در چنین پلاک‌هایی از این شاخص در قالب جدول شماره سه برای ساختمان‌های شمالی (N) و جنوبی (S) قابل مشاهده هست. برای زمین‌های با مساحتی بیش از ۲۰۰ مترمربع، عرض زمین ۱۰ متر در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه در این بخش، تنها قسمتی از بدنه ساختمان که در معرض تابش مستقیم خورشید قرار گرفته، در ارزیابی موردتوجه واقع شده؛ لذا جنبه منفی این شاخص بر اساس درصدهای ذکرشده در جدول شماره سه واجد جنبه مثبت می‌شود.

جدول ۳- درصد بهره‌مندی پوسته بیرونی ساختمان‌ها از تابش انرژی خورشیدی

	O14	O13	O12		O11		O10		O9		O8	O7	O6	O5	O4	O3	O2	O1
			۳۵	۳۰	۳۵	۳۰	۲۴	۱۸	۲۴	۱۸								
N	۷۰	۷۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
C1																		
S	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰

چنانچه ساختمان‌ها از طرفین متصل به پلاک نای مجاور در نظر گرفته شود، ساختمان‌های شمالی و نیز ساختمان‌های جنوبی، در هردو جبهه شمالی و جنوبی با هوای آزاد خارج در تماس بوده و از این نظر با یکدیگر تفاوتی ندارند. در محاسبه پوسته خارجی علاوه بر جبهه نای مذکور، سطح بام نیز در نظر گرفته شده است. درصدهای این شاخص در جدول شماره چهار برای هریک از گزینه‌ها با جنبه منفی تعیین شده است.

جدول ۴- نسبت سطح کل پوسته در معرض هوای آزاد به حجم کل ساختمان

O14	O13	O12		O11		O10		O9		O8	O7	O6	O5	O4	O3	O2	O1	N	S
		۳۵	۳۰	۳۵	۳۰	۲۴	۱۸	۲۴	۱۸										
۱۲۶۷	۲۰۱۷	۱۴۶۱	۱۴۶۱	۲۰۶۱	۲۰۶۱	۱۷۲۸	۱۷۲۸	۲۱۱۹	۲۱۱۹	۱۹۶۷	۲۱۹۵	۲۰۴۳	۲۳۰۳	۲۱۵۲	۲۴۶۶	۲۴۶۶	۲۷۴۱		

چنانچه در جبهه جنوبی ساختمان‌ها در هر طبقه به غیر از نیم طبقه همکف، به‌طور متوسط دو پنجره افقی مستطیل شکل به طول ۴ و ارتفاع ۱.۸ متر به‌عنوان جدار نور گذر در نظر گرفته شود، برای شاخص سوم درصدهای کسب‌شده توسط هر گزینه با جنبه مثبت در جدول شماره پنج قابل مشاهده است.

جدول ۵- نسبت سطح جدار نور گذر به سطح کل پوسته بیرونی در جبهه جنوبی ساختمان

O14	O13	O12		O11		O10		O9		O8	O7	O6	O5	O4	O3	O2	O1	N	S
		۳۵	۳۰	۳۵	۳۰	۲۴	۱۸	۲۴	۱۸										
۷۷۰	۴۰۴۲	۴۰۴۲	۴۰۴۲	۴۷۸۴	۴۷۸۴	۳۷۹۴	۳۷۹۴	۵۰۹۴	۵۰۹۴	۳۹۰۳	۵۰۷۸	۵۰۷۸	۷۶۶۸	۷۶۶۸	۳۴۵۶	۴۴۵۶	۴۰۹۴		

با توجه به اینکه عایق کاری حرارتی دیوارهای خارجی به‌طور معمول به‌صورت دیوارهای دوجداره و یا از سطوح داخلی انجام می‌گیرد؛ لذا پوسته خارجی ساختمان، در محل سقف نای طبقات فاقد مصالح عایق حرارتی بوده و با توجه به ضریب هدایت حرارتی مصالح بتنی یا فلزی استفاده‌شده در احداث سقفها، این بخش‌ها در مقایسه با سایر قسمتهای پوسته خارجی، به‌عنوان پل حرارتی عمل می‌نمایند. چنانچه برای هریک از سقف نای طبقات ضخامتی معادل ۴۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود، شاخص چهارم که جنبه منفی نیز دارد واجد درصدهای ذکرشده در جدول شماره شش است. لازم به یادآوری است که چون سطح بام نهایی و نیز سقف طبقه همکف به‌طور معمول عایق حرارتی می‌شود؛ لذا انتقال حرارت از سطح رویه افقی این بخش‌ها محدود گردیده و انتقال حرارت تنها از طریق ضخامت مجاور هوای آزاد این عناصر که در سطح نمای شمالی و جنوبی ساختمان بوده صورت می‌گیرد.

جدول ۶- نسبت سطح پل‌های حرارتی موجود در نما به سطح کل پوسته بیرونی ساختمان

O14	O13	O12		O11		O10		O9		O8	O7	O6	O5	O4	O3	O2	O1	N	S
		۳۵	۳۰	۳۵	۳۰	۲۴	۱۸	۲۴	۱۸										
۹۰۴۵	۱۰۰۴۱	۹۰۴۱	۹۰۴۱	۱۰۰۲۱	۱۰۰۲۱	۹۰۷۵	۹۰۷۵	۹۰۹۶	۹۰۹۶	۹۰۷۵	۹۰۶۳	۹۰۴۱	۹۰۰۰	۸۰۹۶	۸۰۶۴	۸۰۶۴	۷۸۰۴		

باید توجه داشت که چون شاخص‌های c2 و c4 واجد جنبه منفی است؛ لذا جهت یکسان سازی کلیه شاخص‌ها، از متمم درصدهای ذکرشده در دو جدول مربوط به شاخص‌های مذکور در ماتریس تصمیم‌گیری استفاده‌شده تا کلیه شاخص‌ها واجد جنبه مثبت شوند.

جدول ۷- ماتریس تصمیم‌گیری

	C1		C2	C3	C4
	N	S			
O1	۴۸.۳۴	۲۸.۲۸	۷۲.۵۲	۳۰.۹۶	۹۲.۱۶
O2	۴۳.۴۲	۲۱.۰۴	۷۵.۳۴	۳۴.۵۶	۹۱.۳۶
O3	۵۰.۸۸	۲۱.۰۴	۷۵.۳۴	۳۴.۵۶	۹۱.۳۶
O4	۴۲.۸۹	۱۹.۱۳	۷۸.۴۸	۳۶.۶۸	۹۱.۰۴
O5	۴۶.۴۵	۱۶.۷۵	۷۷.۰۰	۳۶.۶۸	۹۱.۰۰
O6	۴۰.۵۶	۱۵.۸۹	۷۹.۵۶	۳۸.۰۹	۹۰.۵۹
O7	۴۳.۵۲	۱۳.۹۱	۷۸.۰۵	۳۸.۰۹	۹۰.۳۷
O8	۳۸.۹۱	۱۳.۵۹	۸۰.۳۳	۳۹.۰۹	۹۰.۲۵
O9(18)	۴۹.۸۸	۱۱.۹۰	۷۸.۸۱	۳۹.۰۹	۹۰.۰۴
O9(24)	۶۲.۵۴	۱۱.۹۰	۷۸.۸۱	۳۹.۰۹	۹۰.۰۴
O10(18)	۴۷.۲۵	۱۴.۰۸	۸۲.۷۲	۳۹.۸۴	۹۰.۲۵
O10(24)	۵۸.۳۱	۱۴.۰۸	۸۲.۷۲	۳۹.۸۴	۹۰.۲۵
O11(30)	۶۵.۶۹	۱۰.۳۹	۷۹.۳۹	۳۹.۸۴	۸۹.۷۸
O11(35)	۷۴.۹۰	۱۰.۳۹	۷۹.۳۹	۳۹.۸۴	۸۹.۷۸
O12(30)	۶۴.۸۵	۱۵.۷۷	۸۵.۳۹	۴۰.۴۲	۹۰.۴۰
O12(35)	۷۳.۰۴	۱۵.۷۷	۸۵.۳۹	۴۰.۴۲	۹۰.۴۰
O13	۱۰۰	۹.۲۲	۷۹.۸۳	۴۰.۴۲	۸۹.۵۷
O14	۱۰۰	۱۷.۱۲	۸۷.۳۳	۴۰.۸۸	۹۰.۵۵

مرحله دوم: ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده: با استفاده از رابطه زیر ماتریس تصمیم‌گیری به ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده تبدیل می‌شود.

$$r_{ij} = r_{ij} / \sqrt{\sum_i r_{ij}^2} \quad (1) \text{ رابطه}$$

جدول ۸- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده

	C1		C2	C3	C4
	N	S			
O1	۰.۱۸۶	۰.۴۱۱	۰.۲۱۳	۰.۱۹۰	۰.۲۳۹
O2	۰.۱۶۷	۰.۳۰۵	۰.۲۲۲	۰.۲۱۲	۰.۲۳۷
O3	۰.۱۹۶	۰.۳۰۵	۰.۲۲۲	۰.۲۱۲	۰.۲۳۷
O4	۰.۱۶۵	۰.۲۷۸	۰.۲۳۱	۰.۲۲۵	۰.۲۳۷
O5	۰.۱۷۸	۰.۲۴۳	۰.۲۲۷	۰.۲۲۵	۰.۲۳۶
O6	۰.۱۵۶	۰.۲۳۰	۰.۲۳۴	۰.۲۳۴	۰.۲۳۵
O7	۰.۱۶۷	۰.۲۰۲	۰.۲۳۰	۰.۲۳۴	۰.۲۳۵
O8	۰.۱۴۹	۰.۱۹۷	۰.۲۳۷	۰.۲۴۰	۰.۲۳۵
O9(18)	۰.۱۹۲	۰.۱۷۲	۰.۲۳۲	۰.۲۴۰	۰.۲۳۳

O9(24)	۰.۲۴۰	۰.۱۷۲	۰.۲۳۲	۰.۲۴۰	۰.۲۳۴
O10(18)	۰.۱۸۲	۰.۲۰۴	۰.۲۴۴	۰.۲۴۵	۰.۲۳۵
O10(24)	۰.۲۳۴	۰.۲۰۴	۰.۲۴۴	۰.۲۴۵	۰.۲۳۵
O11(30)	۰.۲۵۳	۰.۱۵۱	۰.۲۳۴	۰.۲۴۵	۰.۲۳۳
O11(35)	۰.۲۸۸	۰.۱۵۱	۰.۲۳۴	۰.۲۴۵	۰.۲۳۳
O12(30)	۰.۲۴۹	۰.۲۳۹	۰.۲۵۱	۰.۲۴۸	۰.۲۳۵
O12(35)	۰.۲۸۱	۰.۲۳۹	۰.۲۵۱	۰.۲۴۸	۰.۲۳۵
O13	۰.۳۸۵	۰.۱۳۴	۰.۲۳۵	۰.۲۴۸	۰.۲۳۳
O14	۰.۳۸۵	۰.۲۴۸	۰.۲۵۷	۰.۲۵۱	۰.۲۳۵

مرحله سوم: ایجاد ماتریس نرمال شده معیارها و وزن هریک: با توزیع پرسشنامه مقایسه زوجی با طیف نه درجه‌ای لیکرت در میان ۳۷ نفر از متخصصین حوزه انرژی ساختمان و نیز کارشناسان شهرسازی، اقدام به تعیین وزن هریک از معیارها شد.

جدول ۹- تعیین وزن معیارها بر اساس طیف نه درجه‌ای لیکرت

	۹	۷	۵	۳	۱	۳	۵	۷	۹	
C2	۰	۰	۱	۲	۱	۵	۸	۱۴	۶	C1
C3	۰	۱	۲	۰	۵	۹	۶	۱۲	۲	C1
C4	۰	۰	۱	۰	۳	۷	۱۲	۱۰	۴	C1
C3	۴	۷	۷	۱۱	۳	۳	۰	۲	۰	C2
C4	۲	۴	۵	۲	۲	۱۰	۳	۸	۱	C2
C4	۱	۲	۲	۳	۵	۳	۷	۱۲	۲	C3

(نویسندگان بر اساس نظر متخصصین حوزه انرژی ساختمان و کارشناسان شهرداری)

در تعیین وزن نهایی هر معیار، معدل امتیاز کسب شده معیار مذکور در پرسشنامه نای توزیع شده، ملاک عمل قرار گرفت. با توجه به اینکه برای ترکیب مقایسات زوجی به طور معمول از میانگین هندسی استفاده می‌شود؛ لذا میانگین هندسی هر معیار از طریق تابع GEOMEAN در نرم افزار اکسل محاسبه گردید. این تابع با محاسبه ریشه چهارم چهار عدد هر سطر جدول که از سنجش زوجی معیارها نسبت به هم بدست آمده بود، میانگین هندسی هر معیار را مشخص می‌نماید.

رابطه (۲)

$$\text{Geometric mean} = \sqrt[n]{c1. c2. c3. c4}$$

از آنجاکه وزن‌های بدست آمده نرمال نبوده، لازم است جهت نرمال سازی نتایج، میانگین هندسی بدست آمده در هر سطر بر مجموع مقادیر ستون میانگین هندسی تقسیم شود. ستون جدید که حاوی وزن نرمال شده هر معیار است تحت عنوان بردار ویژه یا Eigenvalue در جدول مشخص شده است.

جدول ۱۰- تعیین میانگین هندسی و بردار ویژه معیارها

	C1	C2	C3	C4	Geometric mean	Eigenvalue
C1	۱	۳.۸۶	۲.۴۸	۳.۴۱	۲.۳۹۰۲۷۸	۰.۵۲۰
C2	۱/۳.۸۶	۱	۱/۲.۸۸	۱.۲۲	۰.۵۵۲۴۳۳	۰.۱۲۰
C3	۱/۲.۴۸	۲.۸۸	۱	۱/۱.۹۱	۰.۸۳۲۹۳۸	۰.۱۸۱
C4	۱/۳.۴۱	۱/۱.۲۲	۱.۹۱	۱	۰.۸۲۳۱۵۲	۰.۱۷۹

(محاسبات نویسندگان بر اساس نرم افزار اکسل)

مرحله چهارم: ایجاد ماتریس بی‌مقیاس موزون: ماتریس بی‌مقیاس موزون از حاصل ضرب ماتریس نای تصمیم‌گیری و معیارهای موزون شده در یکدیگر به دست می‌آید.

جدول ۱۱- ماتریس بی‌مقیاس موزون

	C1		C2	C3	C4
	N	S			
O1	۰.۰۹۶	۰.۲۱۳	۰.۰۲۵	۰.۰۳۴	۰.۰۴۲
O2	۰.۰۸۶	۰.۱۵۸	۰.۰۲۶	۰.۰۳۸	۰.۰۴۲
O3	۰.۱۰۱	۰.۱۵۸	۰.۰۲۶	۰.۰۳۸	۰.۰۴۲
O4	۰.۰۸۵	۰.۱۴۴	۰.۰۲۷	۰.۰۴۰	۰.۰۴۲
O5	۰.۰۹۲	۰.۱۲۶	۰.۰۲۷	۰.۰۴۰	۰.۰۴۲
O6	۰.۰۸۱	۰.۱۱۹	۰.۰۲۸	۰.۰۴۲	۰.۰۴۲
O7	۰.۰۸۶	۰.۱۰۵	۰.۰۲۷	۰.۰۴۲	۰.۰۴۲
O8	۰.۰۷۷	۰.۱۰۲	۰.۰۲۸	۰.۰۴۳	۰.۰۴۲
O9(18)	۰.۰۹۹	۰.۰۸۹	۰.۰۲۷	۰.۰۴۳	۰.۰۴۱
O9(24)	۰.۱۲۴	۰.۰۸۹	۰.۰۲۷	۰.۰۴۳	۰.۰۴۱
O10(18)	۰.۰۹۴	۰.۱۰۶	۰.۰۲۹	۰.۰۴۴	۰.۰۴۲
O10(24)	۰.۱۱۶	۰.۱۰۶	۰.۰۲۹	۰.۰۴۴	۰.۰۴۲
O11(30)	۰.۱۳۱	۰.۰۷۸	۰.۰۲۸	۰.۰۴۴	۰.۰۴۱
O11(35)	۰.۱۴۹	۰.۰۷۸	۰.۰۲۸	۰.۰۴۴	۰.۰۴۱
O12(30)	۰.۱۲۹	۰.۱۱۹	۰.۰۳۰	۰.۰۴۴	۰.۰۴۲
O12(35)	۰.۱۴۶	۰.۱۱۹	۰.۰۳۰	۰.۰۴۴	۰.۰۴۲
O13	۰.۲۰۰	۰.۰۶۹	۰.۰۲۸	۰.۰۴۴	۰.۰۴۱
O14	۰.۲۰۰	۰.۱۲۸	۰.۰۳۰	۰.۰۴۵	۰.۰۴۲

مرحله پنجم: تعیین ایده آل مثبت و ایده آل منفی: در این مرحله بهترین و بدترین حالت ممکن برای هر معیار تعیین می‌شود؛ لذا با توجه به ماتریس تصمیم‌گیری که در آن تمام شاخص‌ها بر اساس جنبه مثبت لحاظ گردیدند، لازم است برای حالت ایده آل مثبت، مقدار بیشینه و برای ایده آل منفی مقدار کمینه هر شاخص از ماتریس بی‌مقیاس موزون انتخاب شود.

$$A+ = \{0.200 \quad 0.213 \quad 0.030 \quad 0.045 \quad 0.042\}$$

$$A- = \{0.077 \quad 0.069 \quad 0.025 \quad 0.034 \quad 0.041\}$$

مرحله ششم: تعیین فاصله هر گزینه تا حالت‌های ایده آل مثبت و ایده آل منفی و رتبه‌بندی آن‌ها: گزینه‌ها بر اساس میزان فاصله تا حالت‌های ایده آل مثبت و ایده آل منفی رتبه‌بندی می‌شوند. مناسب‌ترین گزینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله را با بهترین حالت و بیشترین فاصله را با بدترین حالت ممکن داشته باشد. فاصله هر گزینه تا ایده آل مثبت با $+di$ و فاصله آن تا ایده آل منفی با $-di$ نشان داده شده و هریک از رابطه زیر محاسبه می‌شود. رابطه (۳) و (۴)

$$+di = \sqrt{\sum(di - A+)^2} \quad -di = \sqrt{\sum(di - A-)^2}$$

برای تعیین نسبت نزدیکی به گزینه ایده آل که با نماد (C_{li}) نمایش داده می‌شود از رابطه شماره پنج استفاده شده است. هرچه نتیجه حاصل از این عبارت بزرگتر باشد، نشان‌دهنده آن است که گزینه مرتبط، دارای رتبه بالاتری نسبت به دیگر گزینه بوده و با کاهش عدد مذکور، گزینه مرتبط نیز در رتبه نای پائین‌تر قرار می‌گیرد. رابطه (۵)

$$C_{li} = \frac{-di}{(-di) + (+di)}$$

میزان فاصله هریک از گزینه‌ها تا ایده آل نای مثبت و منفی و نیز امتیاز نهایی آن‌ها که منجر به تعیین رتبه هریک می‌گردد، به تفکیک برای ساختمان‌های شمالی و جنوبی در جدول شماره دوازده ارائه شده است.

جدول ۱۲- تعیین فاصله هر گزینه تا ایده آل نای مثبت و منفی

	N			S		
	+di	- di	Cli	+di	- di	Cli
O1	۰.۱۰۴۶	۰.۸۸۳۰	۰.۸۹۴۰	۰.۰۱۲۰	۰.۱۳۶۰	۰.۹۱۸۹
O2	۰.۱۱۴۲	۰.۰۰۹۹	۰.۰۷۹۷	۰.۰۵۵۵	۰.۰۸۱۱	۰.۵۹۳۷
O3	۰.۰۹۹۳	۰.۰۲۴۳	۰.۱۹۶۶	۰.۰۵۵۵	۰.۰۸۱۱	۰.۵۹۳۷
O4	۰.۱۱۵۱	۰.۰۱۰۲	۰.۰۸۱۴	۰.۰۶۹۲	۰.۰۶۷۳	۰.۴۹۳۰
O5	۰.۱۰۸۱	۰.۰۱۶۳	۰.۱۳۱۰	۰.۰۸۷۱	۰.۰۴۹۴	۰.۳۶۱۲
O6	۰.۱۱۹۰	۰.۰۰۹۴	۰.۰۷۳۲	۰.۰۹۴۰	۰.۰۴۲۸	۰.۳۱۲۸
O7	۰.۱۱۴۰	۰.۰۱۲۲	۰.۰۹۶۶	۰.۱۰۸۰	۰.۰۲۹۲	۰.۲۱۲۸
O8	۰.۱۲۳۰	۰.۰۹۰۰	۰.۰۴۲۲۵	۰.۱۱۱۰	۰.۰۲۶۷	۰.۱۹۳۸
O9(18)	۰.۱۰۱۰	۰.۰۲۲۷	۰.۱۸۳۵	۰.۱۲۴۰	۰.۰۱۵۱	۰.۱۰۸۵
O9(24)	۰.۰۷۶۰	۰.۰۴۷۸	۰.۳۸۶۱	۰.۱۲۴۰	۰.۰۱۵۱	۰.۱۰۸۵
O10(18)	۰.۱۰۶۰	۰.۰۲۰۱	۰.۱۵۹۳	۰.۱۰۷۰	۰.۰۳۰۹	۰.۲۲۴۰
O10(24)	۰.۰۸۴۰	۰.۰۴۰۴	۰.۳۲۳۷	۰.۱۰۷۰	۰.۰۳۰۹	۰.۲۲۴۰
O11(30)	۰.۰۶۹۰	۰.۰۵۵۰	۰.۴۴۳۵	۰.۱۳۵۰	۰.۰۱۰۴	۰.۰۷۱۵
O11(35)	۰.۰۵۱۰	۰.۰۷۲۷	۰.۵۸۷۷	۰.۱۳۵۰	۰.۰۱۰۴	۰.۰۷۱۵
O12(30)	۰.۰۷۱۰	۰.۰۵۳۱	۰.۴۲۷۸	۰.۰۹۴۰	۰.۰۴۳۴	۰.۳۱۵۸
O12(35)	۰.۰۵۴۰	۰.۰۶۹۸	۰.۵۶۲۸	۰.۰۹۴۰	۰.۰۴۳۴	۰.۳۱۵۸
O13	۰.۰۰۲۴	۰.۱۲۳۴	۰.۹۸۰۹	۰.۱۴۴۰	۰.۰۱۳۱	۰.۰۸۳۳
O14	.	۰.۱۲۳۵	۱	۰.۰۸۵۰	۰.۰۵۲۴	۰.۳۸۱۳

نتیجه‌گیری

آلودگی محیط‌زیست و سکونتگاه‌های انسانی یکی از دغدغه‌های اصلی اکثر شهرهای معاصر است. بخش قابل توجهی از این آلودگی ناشی از مصرف سوخت نای فسیلی در حوزه نای مختلف شهری است. حدود چهل درصد از کل انرژی کشور صرف گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌ها می‌گردد. بهره‌گیری از انرژی پاک خورشیدی یکی از راهکارهای کاهش بار حرارتی ساختمان‌ها هست.

یکی از عوامل مؤثر در میزان این بهره‌گیری، نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر مجاور آن یا شاخص رویت پذیری آسمان هست. به طوری که با افزایش این نسبت امکان بهره‌مندی بخش‌های مختلف بنا از انرژی خورشیدی کاهش و با کاهش نسبت مذکور، این امکان افزایش می‌یابد. هدف از این پژوهش ارزیابی ضوابط طرح تفصیلی شهر همدان، در خصوص روش تعیین ارتفاع ساختمان‌ها از جنبه بهره‌گیری آن‌ها از انرژی خورشیدی و تعیین رتبه کیفیت بهره‌گیری ساختمان‌های مجاور معابر شهری با عرض‌های متفاوت، از انرژی خورشیدی هست؛ لذا بر اساس طرح مذکور، چهارده گزینه اصلی به همراه حالت‌های زیرمجموعه آن‌ها که در مجموع شامل هجده حالت شده، در قالب چهار شاخص مؤثر بر میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها بر پایه روش تاپسیس برای ساختمان‌های شمالی و جنوبی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. رتبه‌بندی ساختمان‌های شمالی و جنوبی از منظر کیفیت بهره‌گیری از انرژی خورشیدی به ترتیب از مناسب‌ترین به نامناسب‌ترین حالت‌ها در قالب جدول شماره سیزده مشاهده می‌شود.

جدول ۱۳- رتبه‌بندی گزینه‌ها

رتبه	N	S	رتبه	N	S	رتبه	N	S
۱	O14	O1	۷	O12(30)	O6	۱۳	O10(18)	O11(35)
۲	O13	O2, O3	۸	O8	O10(18), O10(24)	۱۴	O5	O11(30)
۳	O1	O4	۹	O9(24)	O7	۱۵	O7	-
۴	O11(35)	O14	۱۰	O10(24)	O8	۱۶	O4	-
۵	O12(35)	O5	۱۱	O3	O9(24), O9(18)	۱۷	O2	-
۶	O11(30)	O12(30), O12(35)	۱۲	O9(18)	O13	۱۸	O6	-

منابع بر اساس نتایج به‌دست‌آمده مشاهده می‌شود که به‌طور کلی در معابر کم‌عرض، ساختمان‌های جنوبی و در معابر عریض ساختمان‌های شمالی بهره‌گیری مناسب‌تری از انرژی خورشیدی در مقایسه با دیگر معابر دارند. به‌منظور ارتقا بهره‌گیری ساختمان‌ها از انرژی خورشیدی انتظار می‌رود در طرح نای تفصیلی آتی که برای شهر همدان تدوین خواهد شد، به موضوعاتی نظیر تعیین ضوابط عقب نشینی از ضلع شمالی در طبقات فوقانی ساختمان‌های واقع در مجاور معابر کم‌عرض و نیز پلاک نای شمالی و نیز امکان اجرای جان‌پناه نای بام به‌صورت نرده ای یا دارای مصالح شفاف نور گذر پرداخته‌شده تا در مجموع میزان بهره‌گیری ساختمان‌ها از انرژی خورشیدی افزایش و به تبع آن مصرف سوخت نای فسیلی به‌منظور گرمایش، سرمایش و نورپردازی ساختمان‌ها و پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی آن کاهش یابد. به‌منظور ادامه این پژوهش پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به بررسی مواردی همچون جنس، بافت و رنگ مصالح به کار گرفته‌شده در پوسته خارجی ساختمان‌ها و نیز ابعاد بهینه سطوح شفاف و نور گذر واقع در نمای ساختمان نظیر پنجره‌ها به‌منظور سنجش تأثیر آن بر میزان مصرف انرژی ساختمان پرداخته شود.

فهرست منابع

۱. ابراهیمی، س.ن.، و آقاسیدجعفر کشفی، م. (۱۳۹۵). شناسایی و ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی، اجتماعی، ایمنی، امنیتی و بهداشتی (ESHIA) پروژه نای بالادستی صنعت نفت و گاز. مطالعات حقوق تطبیقی، ۷، ۱، ۲۲-۱.
۲. ثناگر دربانی، ا.، و رفیعیان، م.، و حنایی، ت.، و منصفی پراپری، د. (۱۳۹۶). آثار زیست‌محیطی تغییرات هندسه بافت شهری بر دمای محیط و آسایش حرارتی بیرونی در اقلیم خشک شهر مشهد (نمونه موردی: بافت قدیمی پانچار و بافت جدید شاهد). محیط‌شناسی، ۴۳، ۴، ۵۷۸-۵۶۱.
۳. خلیلی، س.، و ایلان لو، م. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر عناصر اقلیمی در معماری شهری: مطالعه موردی شهر ماهشهر. پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۸، ۳۱، ۱۶۴-۱۴۷.
۴. دفتر امور مقررات ملی ساختمان. (۱۳۸۹). مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، صرفه‌جویی در مصرف انرژی. نشر توسعه ایران، ویرایش سوم. تهران.
۵. سیدالعسکری، م.، و پیمان راد، ا.، و رجائی، ف. (۱۳۹۶). بررسی تأثیرات افزایش ارتفاع بر کیفیت هوای بلوک شهری، نمونه موردی: بلوک مسکونی شهری در مرکز شهر اصفهان. پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۸، ۲۹، ۱۹۴-۱۷۹.
۶. شفیعی، م.، و فیاض، ر.، و حیدری، ش. (۱۳۹۲). فرم مناسب ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران. نشریه انرژی ایران، ۱۶، ۴، ۴۷-۶۰.
۷. عطایی، ه.، و فنایی، ر. (۱۳۹۲). بررسی روند تغییر سری نای دمای شهر شیراز در ارتباط با برنامه‌ریزی توسعه شهری. پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۴، ۱۵، ۷۶-۵۷.
۸. محمد زاده، ی.، و قهرمانی، ه.، و نظریان، ع. (۱۳۹۴). محیط‌زیست، سلامت و هزینه نای بخش سلامت. مدیریت اطلاعات سلامت، ۱۲، ۴، ۴۹۵-۵۰۵.

9. Andreou, E. (2014). The effect of urban layout, street geometry and orientation on shading conditions in urban canyons in the Mediterranean. Renewable energy, 63.

10. Bourbia, F., & Awbi, H.B. (2004). Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate, Part 1: Air and surface temperature measurements. Renewable energy, 29.

11. Bourbia, F., & Awbi, H.B. (2004). Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate, Part 2: Shading simulations. *Renewable energy*, 29.
12. Jihad, A.S., Tahiri, M. (2016). Modeling the urban geometry influence on outdoor thermal comfort in the case of Moroccan microclimate. *Urban Climate*, 16.
13. Li, Z., Quan, S., Pei- Ju Yang, P. (2016). Energy performance simulation for planning a low carbon neighborhood urban district: A case study in the city of Macau. *Habitat International*, 53.
14. Mirkovic, M., Alawadi, K. (2017). The effect of urban density on energy consumption and solar gains: the study of Abu Dhabi's neighborhood. *Energy procedia*, 143.
15. Mori, T., Ogata, k., Oosawa, H. (2015). Design method of Housing with Direct Solar Heat Gain by Using GIS Data in Cold Regions. *Energy procedia*, 78.
16. Samakovlis, E. (2005). Valuing health effects of air pollution-focus on concentration response functions. *Journal Of Urban Economics*, 58.
17. Tsang Huang, K., Li, Y. (2017). Impact of street canyon typology on building's peak cooling energy demand: A parametric analysis using orthogonal experiment. *Energy and buildings*, 154.
18. Vallati, A., Mauri, L., Colucci, C., Oclon, P. (2017). Effects of radiative exchange in an urban canyon on building surfaces' loads and temperatures. *Energy and buildings*, 149.
19. Vartholomaios, A. (2015). The residential solar block envelope: A method for enabling the development of compact urban blocks with high passive solar potential. *Energy and buildings*, 99

