نوع مقاله: پژوهشی

فصلنامه چشم انداز شهرهای آینده
www.jvfc.ir
دوره پنجم، شماره اول، پیاپی (۱۷)، بهار ۱۴۰۳
صص ۴۳-۲۳

بهینه‌سازی فرم با هدف دستیابی به ساختمان با عملکرد بالا در شهرهای آینده

(مورد پژوهی: کاربری‌های اداری بزرگ مقیاس شهر تهران)[۱]

آرش مصطفوی: پژوهشگر دکتری تخصصی، گروه معماری، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.
جمال‌الدین سهیلی: دانشیار، گروه معماری، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.[۲]
حافظه پوردهقان: استادیار، گروه معماری، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۶

چکیده

فرم به‌عنوان خط مقدم مواجهه با محیط بیرونی، نحوه تماس ساختمان با عناصر اقلیمی از جمله تابش‌خورشیدی را تعریف می‌کند. بنابر این، مؤلفه‌های مختلف فرم نیز بر میزان دریافت فاکتورهای خورشیدی توسط ساختمان اثرگذار بوده و موجب تغییر در عملکرد انرژی ساختمان می‌گردند. با توجه به وجود دو مؤلفه بهره‌حرارت‌خورشیدی (SHG) و أمواج‌مرئی (T_v) در رابطه با تابش‌خورشیدی و هم‌زمانی فعالیت کاربری‌های اداری با حضور نور روز، عدم توجه هم‌زمان به این دو مولفه می‌تواند موجب خروج از شرایط آسایش حرارتی و آسایش بصری نوری گردد. بنابراین ضروری است تا در راستای افزایش بهره‌وری در کاربری‌های اداری، رفتار گونه‌های فرم در برابر تابش‌خورشیدی بررسی و انواع نامناسب حذف گردند. با هدف دست‌یابی به فرم شکلی بهینه جهت کاربری‌های مذکور در شهرهای آتی، این پژوهش قصد دارد تا با بررسی گونه شکلی پرتکرار، به ارزیابی عملکرد انرژی آن بر مبنای ویرایش چهارم مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان بپردازد. این پژوهش با روش تحقیق توصیفی-تحلیلی انجام شده است. داده‌های اسنادی مورد نیاز از پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر استخراج شده و پس از مدل‌سازی با نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر، خروجی‌ها مورد توصیف و تحلیل قرار گرفته‌اند. به‌عنوان نتیجه، اشکال مستطیل و مربع به ترتیب با فراوانی ۳۸ و ۳۱ درصد، ۶۹٪ از فرم این بناها را شکل داده‌اند. گونه پیشنهادی A2 با نسبت طول به عرض ۲ به ۱ از منظر آسایش حرارتی و آسایش بصری نوری بهینه‌ترین عملکرد را در برابر حرارت خورشیدی و امواج مرئی دارا می‌باشد.

واژگان کلیدی: تایپولوژی فرم ساختمان، آسایش حرارتی، آسایش بصری، کاربری اداری، مبحث ۱۹.

---

۱ . این مقاله مستخرج از رساله دکتری تخصصی نویسنده اول با عنوان " تحلیل نقش تایپولوژی فرم ساختمان بر شکل‌گیری رفتار مرتبط با انرژی (ERB) متاثر از تابش خورشیدی (نمونه موردی: ساختمان‌های اداری بزرگ مقیاس شهر تهران)" به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین می باشد.

۲ . نویسنده مسئول: J_soheili@yahoo.com

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

مقدمه

ارتقاء بهره‌وری انرژی ساختمان به عنوان تلاش برای کاهش مصرف انرژی ساختمان ها و در عین حال حفظ استانداردهای زندگی ساکنان تعریف می‌شود. این را می‌توان از طریق بهبود طراحی ساختمان و کارایی تجهیزات و یا بهبود رفتار مرتبط با انرژی ساکنان به دست آورد (Amasyali & El-Gohari, 2016: 251). ماهیت پیچیده شهرها و رشد شتابان فناوری به همراه وقوع تحولات اجتماعی، فرهنگی، سیاسی وغیره موجب شده است شهرها مورد آماج شدیدترین تکانه‌ها قرار گرفته و برنامه‌ریزان شهری نتوانند هم‌پای این تغییرات به حل چالش‌ها بپردازند (بشیان و همکاران، ۱۴۰۲: ۹۷). به نظر می‌رسد شهرهای آینده در چهار زمینه جمعیتی، زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی در استمرار تحولات آینده درخور مطالعه‌اند (عفیفیان و همکاران، ۱۴۰۲: ۲۱). در میان گونه‌شناسی عملکردی ساختمان‌های مختلف شهرهای توسعه‌یافته و پردرآمد، ساختمان‌های اداری بزرگ مقیاس در همه جا حضور دارند، بخش بزرگی از بافت هر منطقه را تشکیل می‌دهند و یکی از پرمصرف‌ترین ساختمان‌ها از لحاظ مصرف انرژی محسوب می‌شوند. برخی از تحقیقات، باورهای رایج مانند رابطه بین نوع استفاده از ساختمان و شدت مصرف انرژی را تأیید کرده‌اند. مشخص شده است که گونه‌شناسی استفاده از ساختمان، تعیین‌کننده کلیدی تراکم کاربران و ساعات کار ساختمان است که به ناچار به موثرترین عامل اثرگذار بر شدت مصرف انرژی کل تبدیل می‌شود (Won & et al., 2019: 2). از طرف دیگر، ساختمان‌های اداری سرمایه‌های زیادی را در خود جای داده‌اند و پس از ساختمان‌های مسکونی، سالانه مقادیر قابل توجهی از مصرف انرژی کشور را به خود اختصاص می‌دهند (محمدی و همکاران، ۱۴۰۱: ۱۱۵). با توجه به اینکه فعالیت کاربری‌های مذکور اغلب در زمان روز و حضور تابش خورشیدی اتفاق می‌افتد، عدم وجود آسایش حرارتی و آسایش بصری نوری موجب کاهش بهره‌وری عملکردی کاربران این فضاها می‌گردد. تایپولوژی فرم ساختمان نیز به عنوان یکی از سطوح تعریف کننده چگونگی مواجهه ساختمان با محیط پیرامون (Zhang & et al., 2019)، نقشی مهم در ورود تابش خورشیدی به فضای داخلی دارد. به طوری که در شرایط یکسان برنامه‌ریزی و طراحی محیط، تفاوت در تایپولوژی بلوک‌های شهری می‌تواند منجر به افزایش ۲۰۰ درصدی پتانسیل برداشت انرژی خورشیدی شود (Sattrup & Stromann-Andersen, 2013). با توجه به اهمیت فرم در عملکرد انرژی ساختمان، پژوهش‌های گسترده‌ای در این رابطه شکل گرفته است. مطالعات انجام شده در زمینه رابطه بین فرم ساختمان و مصرف انرژی را می‌توان در دو دسته طبقه‌بندی کرد. اولی به مقایسه تاثیر فرم‌های مختلف ساختمانی بر مصرف انرژی و دومی با توسعه مدل‌های ساده و از طریق تحلیل‌های آماری به برآورد و پیش‌بینی مصرف انرژی فرم‌های گوناگون می‌پردازد. از زمان توسعه ابزارهای شبیه‌سازی انرژی، تاثیر شکل و فرم ساختمان بر عملکرد انرژی به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است (اکبری و ابراهیمی، ۱۳۹۹: ۱۱۷۶). یکی از مسائلی که کاربست این پژوهش‌ها را با مشکل روبرو کرده، عدم توجه کافی به برخی عناصر چند وجهی مانند تابش خورشیدی است. از نور خورشید جهت تامین روشنایی طبیعی و همچنین حرارت مورد نیاز در فضای داخلی استفاده می‌شود. تابش دریافتی از خورشید در فصول سرد موجب کاهش بار حرارتی ساختمان می‌گردد اما در زمانی که ساختمان نیاز به سرمایش دارد، این عامل موجب افزایش بار برودتی شده و مصرف انرژی را افزایش می‌دهد. هنگام ورود نور به داخل بنا، امواج غیرمرئی تابشی خورشید که موجب ایجاد حرارت می‌گردند همراه با سیل امواج مرئی روشنایی بخش به فضای داخلی گسیل شده و موجب افزایش بار برودتی می‌شوند. جهت کنترل انرژی تابشی خورشید به داخل بنا از عوامل متعددی نظیر انواع ثابت و متحرک سایه‌بان‌های داخلی و خارجی و همچنین درختان بهره برده می‌شود. نور روز کافی نیز در فضاهای داخلی برای درک جزئیات بسیار مهم است. علاوه بر این، اثرات نور روز بر سلامت جسمی و روانی در محیط‌های ساخته شده مورد توجه پژوهشگران است (شیرزادنیا و زرکش، ۱۴۰۲: ۱۰۶). بنابراین، تامین روشنایی مناسب در کاربری‌های اداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و عدم تحقق آن موجب کاهش بهره‌وری کاربران می‌گردد. همان‌طور که ذکر شد، ساختمان‌های اداری از نظر مصرف انرژی در رده بالایی محسوب می‌شوند، زیرا حدود ۲۵٪ از مصرف انرژی ساختمان را مصرف می‌کنند. نورپردازی طبیعی یک عنصر طراحی مهم از

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

فضاهای اداری است که کیفیت محیط داخلی و بهره‌وری کاربر را بهبود می‌بخشد، درحالی که انرژی مصرف شده توسط نور مصنوعی کاهش می‌یابد (جلائیان قانع و آئینی، ۱۴۰۱: ۷۴). با توجه با تجمع ساختمان‌های بزرگ مقیاس وزارتخانه‌ها، ادارات کل و مرکزی بانک‌ها، بیمه‌ها و سایر مؤسسات در شهر تهران به عنوان پایتخت، ضروری است تا در راستای ارتقاء عملکرد انرژی و افزایش بهره‌وری عملکردی در کاربری‌های اداری این شهر، رفتار گونه‌های مختلف فرم در برابر تابش خورشیدی بررسی و انواع نامناسب در طرح‌های آتی حذف گردند. با هدف دست‌یابی به فرم بهینه در کاربری‌های مذکور، این پژوهش قصد دارد با کاوش در گونه‌های شکلی پر تکرار، به ارزیابی عملکرد انرژی آن‌ها بر مبنای ویرایش چهارم مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان بپردازد. در راستای دست‌یابی به اهداف فوق، این سوالات مطرح می‌گردند: کدام شکل هندسی در گونه‌های مختلف فرم کاربری‌های اداری بزرگ مقیاس شهر تهران دارای بیشترین فراوانی می‌باشد؟ وضعیت شاخص‌های آسایش حرارتی (PMV) و آسایش بصری (sDA-ASE) با کدام نسبت ابعادی این شکل به الزامات مبحث ۱۹ (م.م.س) نزدیک‌تر است؟ دست‌یابی به پاسخ این سوالات موجب حذف فرم‌های ناکارآمد و تکثیر گونه‌های فرمال با عملکرد بالا (انرژی–کاربری) در سطح شهرها می‌گردد.

Zhang & et al. در مقاله‌ای علمی با نام "تاثیر تایپولوژی بلوک‌های شهری بر پتانسیل خورشیدی و کارآمدی مصرف انرژی ساختمان در شهرهای گرمسیری با تراکم بالا" به این موضوع اشاره دارند که: نتایج نشان می‌دهد که در شرایط یکسان برنامه‌ریزی و طراحی محیط، تفاوت در تایپولوژی بلوک‌های شهری می‌تواند منجر به افزایش ۲۰۰ درصدی پتانسیل برداشت انرژی خورشیدی شود (2019). Tibermacine & Zemmouri در تحقیقی تحت عنوان "تاثیرات تایپولوژی ساختمان بر مصرف انرژی در مناطق گرم و خشک" به این نتایج اشاره دارند که: جهت‌گیری و فشردگی در مصرف گرمایشی و سرمایشی انرژی در ساختمان نقش بالایی دارند (2017). Li & Lam در پژوهشی تحت عنوان "فاکتورهای بهره حرارت خورشیدی و راهکارهایی برای طراحی ساختمان در مناطق نیمه گرمسیری" به این موضوع اشاره می‌کنند که: سطوح رو به شمال عمدتا بخش‌هایی پراکنده و کمتر از حد متوسط مقادیر تابش خورشید را دریافت می‌کند، درحالی که سایر سطوح افقی و عمودی مقدار معینی از تابش مستقیم را دریافت کرده که از میانگین بالاتر است (2000). Taleb & et al. در تحقیق "بهینه‌سازی فرم ساختمان جهت تابش ناخواسته خورشیدی" به این موضوع اشاره می‌کنند که میزان تابش خورشیدی ناخواسته به نمای ساختمان‌ها یکی از اصلی‌ترین عواملی است که موجب افزایش بار برودتی و به تبع آن افزایش نیاز به انرژی می‌گردد. علاوه بر این، فرم و محل قرارگیری ساختمان، میزان انرژی خورشیدی دریافتی را مشخص می‌کنند (2020). شفیعی و همکاران در پژوهشی با نام "فرم مناسب ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران" به این نکته اشاره می‌کنند که با فرض جهت‌گیری بهینه و تعیین فرم مناسب، به دو صورت می‌توان در انرژی مصرفی ساختمان صرفه‌جویی کرد. از یک سو، با انتخاب فرمی که دریافت بالایی در فصل زمستان داشته باشد، می‌توان از انرژی حرارتی خورشید برای کاهش نیاز به انرژی گرمایی بالاتر بهره برد و از سوی دیگر، می‌توان از گردآورنده‌ها برای تامین بخشی از انرژی برق ساختمان استفاده کرد (۱۳۹۲). Catalina & et al در پژوهش "مطالعه تاثیر فرم ساختمان بر میزان مصرف انرژی" به این موضوع اشاره می‌کنند که همبستگی بین ارزش‌هایی مانند شاخص‌ها و بارهای حرارتی شبیه‌سازی شده ساختمان‌ها با شکل‌های مختلف، جهت‌گیری، درصد سطح نورگذر و چگونگی توزیع آن قابل توجه می‌باشد (2011). Yeang در پژوهش "راهنمای طراحی اکولوژیک" می‌نویسد: فرم و پاکت ساختمان مهمترین پارامترهای اثرگذار بر اقلیم داخلی هستند. توسعه شکل ساختمان برای دستیابی به عملکرد انرژی بهتر ضروری است. تغییرات و دستکاری شکل ساختمان گرمای محاسبه شده برای بار برودتی را کاهش می‌دهد. در این حالت، رفتار مصرف انرژی نه تنها از جهت‌گیری ساختمان بلکه از فرم و نسبت حجم به سطح نیز اثر می‌پذیرد (2006). سعادت‌جو و سلیقه در تحقیقی تحت عنوان "نقش الگوی چیدمان بلوک‌های مجتمع مسکونی بر جریان باد فضای باز و نور روز دریافتی ساختمان‌ها"؛ به این موضوع اشاره می‌کنند که شکل و هندسه ساختمان، تراکم ساختمان، ارتفاع بناها، اختلاف ارتفاع ساختمان‌ها، الگوی چیدمان بلوک‌ها و تناسبات فضای باز از مهم‌ترین فاکتورهایی

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

است که می‌تواند علاوه بر جریان داخلی، الگوی جریان پیرامونی ساختمان‌ها در تراز عابرین پیاده را تحت تاثیر قرار دهد (۱۴۰۰). Wang & et Al. در تحقیقی تحت عنوان "بهینه‌سازی شکل کف طبقات جهت طراحی ساختمان سبز" می‌نویسند: با تغییر پارامترهای طراحی مانند شکل، جهت و پیکربندی پاکت، یک ساختمان با کیفیت بالا طراحی می‌شود که می‌تواند ۴۰ درصد انرژی کمتری نسبت به یک ساختمان با کیفیت پایین مصرف کند (2006). Okeil در پژوهش خود با نام "در جستجوی فرم‌های شهری انرژی کارا: بلوک‌های مسکونی خورشیدی" به این موضوع اشاره می‌کند که آن بخش از انرژی خورشیدی که بر روی منطقه‌ای از شهر فرود می‌آید، به وسیله ساختمان‌ها و یا توسط زمین بین آن‌ها دریافت می‌گردد. آن بخشی که به ساختمان‌ها می‌رسد توسط بام و نما جذب می‌گردد. بنابر این، بهترین شکل استفاده از انرژی خورشیدی بر اساس تایپ هر یک از این سطوح متفاوت است (2004). ملک و طلائی در تحقیقی با عنوان "مطالعه تطبیقی نماهای متحرک ساختمان‌های اداری تهران بر اساس آسایش بصری ساکنین با شاخص (sDG)، (DGP)" به این موضوع اشاره دارند که: با توجه به میزان قابل توجه تابش نور در شهر تهران و ازدیاد ساختمان‌های اداری در آن به عنوان پایتخت، استفاده از نماهای شفاف در این ساختمان‌ها در سال‌های اخیر نیازمند پوسته‌ای است تا از خیرگی نور در فضای داخلی جلوگیری نماید و همچنین میزان مناسبی از نور روز را دریافت نماید، زیرا یکی از عوامل مهم اولویت قرار دادن کاربران ساختمان اداری در جهت ارتقا عملکرد آنها است (۱۴۰۱). شفوی‌مقدم و همکاران در تحقیقی با عنوان "بررسی کارایی شاخص‌های نور روز در ارزیابی کیفیت آسایش بصری کاربران (مطالعهٔ موردی: فضاهای آموزشی دانشکده‌های معماری شهر تهران)" به عنوان نتیجه به این موضوع اشاره دارند که: درمیان شاخص‌های معمول مربوط به پیش‌بینی مقدار نور، بیشترین همبستگی با درجهٔ رضایت کاربران مربوط به شاخص استاتیک Ep>n lx بوده که میزان این همبستگی برای مقادیر ۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس به عنوان آستانهٔ روشنایی مشابه بوده است. شاخص‌های (sDA، EP-LEED) با آستانهٔ ۱۰۰ تا ۳۰۰ لوکس و UDI با شباهت زیادی از نظر میزان همبستگی با نظر کاربران در رتبه‌های بعدی جای می‌گیرند. همچنین در میان شاخص‌های خیرگی، sVD DGPs>0.45,20% و ASE1000lx,250h بهتر از سایر شاخص‌ها عمل کردند (۱۳۹۸). جابری و غریب‌پور در مقاله‌ای با عنوان "ارزیابی تأثیر شکل و تناسبات هندسی پلان، جهت‌گیری و ارتفاع طبقه، بر عملکرد نور روز ساختمان‌های بلند اداری شهر تهران" این‌گونه اشاره دارند که: بر اساس نتایج به دست آمده، مقادیر مربوط به شاخص (sDA300/50%) در فضاهای اداری با تغییر جهت‌گیری پلان، ۱ تا ۴/۵٪ نسبت به مدل پایه، ارتقا یافته است. همچنین، شاخص sDA با تعیین شکل هندسی مناسب پلان، تا بیش از ۱۰٪ بهبودیافته است (۱۴۰۲). با توجه به پژوهش‌های انجام شده در این زمینه که خلاصه نتایج برخی از آن‌ها در جدول شماره (۱) قابل مشاهده است، می‌توان به اهمیت نقش فرم و شکل هندسی آن در ارتقاء عملکرد انرژی ساختمان پی برد. با توجه به الزام استفاده از آئین‌نامه "صرفه‌جویی در مصرف انرژی"، این پژوهش قصد دارد به‌عنوان نوآوری، به بررسی نسبت ابعادی بهینه در گونه شکلی پرتکرار ساختمان‌های اداری بزرگ مقیاس شهر تهران جهت تامین هم‌زمان آسایش حرارتی و بصری نوری، بر مبنای ویرایش چهارم مبحث ۱۹ (م.م.س) بپردازد.

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

جدول ۱. پیشینه پژوهش

	پژوهشگر	عنوان	نتیجه
۱	Zhang & et al. (2019)	تاثیر تایپولوژی بلوک‌های شهری بر پتانسیل خورشیدی و کارآمدی مصرف انرژی ساختمان در شهرهای گرمسیری با تراکم بالا	**در شرایط یکسان برنامه‌ریزی و طراحی محیط ، تفاوت در تایپولوژی بلوک‌های شهری می‌تواند منجر به افزایش ۲۰۰ درصدی پتانسیل برداشت انرژی خورشیدی شود**
۲	Tibermacine & Zemmouri (2019)	تاثیرات تایپولوژی ساختمان بر مصرف انرژی در مناطق گرم و خشک	**جهت‌گیری و فشردگی در مصرف گرمایشی و سرمایشی انرژی در ساختمان نقش بالایی دارند**
۳	Li & Lam (2000)	فاکتورهای بهره حرارت خورشیدی و راهکارهایی برای طراحی ساختمان در مناطق نیمه گرمسیری	**بررسی میزان حرارت خورشیدی دریافتی توسط هر یک از سطوح**
۴	Taleb & et al. (2019)	بهینه‌سازی فرم ساختمان جهت تابش ناخواسته خورشیدی	**میزان تابش خورشیدی ناخواسته به نمای ساختمان‌ها یکی از اصلی‌ترین عواملی است که موجب افزایش بار برودتی و به تبع آن افزایش نیاز به انرژی می‌گردد**
۵	شفیعی و همکاران (۱۳۹۲)	فرم مناسب ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران	**با فرض جهت‌گیری بهینه و تعیین فرم مناسب، می‌توان در انرژی مصرفی ساختمان صرفه جویی کرد**
۶	Catalina & et al (2011)	مطالعه تاثیر فرم ساختمان بر میزان مصرف انرژی	**همبستگی بین ارزش‌هایی مانند شاخص‌ها و بارهای حرارتی شبیه‌سازی شده ساختمان‌ها با شکل‌های مختلف، جهت‌گیری، درصد سطح نورگذر و چگونگی توزیع آن قابل توجه می‌باشد**
۷	(2006) Yeang	راهنمای طراحی اکولوژیک	**فرم و پاکت ساختمان مهمترین پارامترهای اثرگذار بر اقلیم داخلی هستند. تغییرات و دستکاری شکل ساختمان گرمای محاسبه شده برای بار برودتی را کاهش می‌دهد.**
۸	سعادتجو و سلیقه (۱۴۰۰)	نقش الگوی چیدمان بلوک های مجتمع مسکونی بر جریان باد فضای باز و نور روز دریافتی ساختمان‌ها	**شکل و هندسه ساختمان، تراکم ساختمان، ارتفاع بناها، اختلاف ارتفاع ساختمان ها، الگوی چیدمان بلوک‌ها و تناسبات فضای باز از مهم‌ترین فاکتورهایی است که می تواند علاوه بر جریان داخلی، الگوی جریان پیرامونی ساختمان‌ها در تراز پیاده را تحت تاثیر قرار دهد**
۹	Wang & et al (2006)	بهینه‌سازی شکل کف طبقات جهت طراحی ساختمان سبز	**با تغییر پارامترهای طراحی مانند شکل، جهت و پیکربندی پاکت، یک ساختمان با کیفیت بالا طراحی می‌شود که می‌تواند ۴۰ درصد انرژی کمتری نسبت به یک ساختمان با کیفیت پایین مصرف کند**
۱۰	Okeil (2004)	در جستجوی فرم‌های شهری انرژی کارا: بلوک‌های مسکونی خورشیدی	**بهترین شکل استفاده از انرژی خورشیدی بر اساس تایپ هر یک از این سطوح متفاوت است**
۱۱	ملک و طلائی (۱۴۰۱)	"مطالعه تطبیقی نماهای متحرک ساختمان‌های اداری تهران بر اساس آسایش بصری ساکنین با شاخص (sDG)، (DGP)"	**استفاده از نماهای شفاف در این ساختمان‌ها در سال‌های اخیر نیازمند پوسته‌ای است تا از خیرگی نور در فضای داخلی جلوگیری نماید و همچنین میزان مناسبی از نور روز را دریافت نماید، زیرا یکی از عوامل مهم اولویت قرار دادن کاربران ساختمان اداری در جهت ارتقا عملکرد آنها است**
۱۲	شفوی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۸)	بررسی کارایی شاخص های نور روز در ارزیابی کیفیت آسایش بصری کاربران (مطالعهٔ موردی: فضاهای آموزشی دانشکده‌های معماری شهر تهران)	**در میان شاخص‌های خیرگی، sVD DGPs>0.45,20% و ASE1000lx,250h بهتر از سایر شاخص‌ها عمل کردند**
۱۳	جابری و غریب‌پور (۱۴۰۲)	ارزیابی تأثیر شکل و تناسبات هندسی پلان، جهت‌گیری و ارتفاع طبقه، بر عملکرد نور روز ساختمان‌های بلند اداری شهر تهران	**مقادیر مربوط به شاخص (sDA300/50%) در فضاهای اداری با تغییر جهت‌گیری پلان، ۱ تا ۴/۵٪ نسبت به مدل پایه، ارتقا یافته است. همچنین، شاخص sDA با تعیین شکل هندسی مناسب پلان، تا بیش از ۱۰٪ بهبودیافته است**

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

مبانی نظری

نظریه ها و رویکردها

فرم در معماری

فرم به‌عنوان یکی از مفاهیم معماری، برساختی نظری است که از نحوهٔ شناخت و اندیشه‌ورزی در باب معماری حکایت می‌کند. هرگونه شناخت نظری مستلزم مفهوم‌سازی است و تغییر یا تحول در شناخت مستلزم تغییر یا تحول در مفاهیم است. «فرم» حرف‌نگاری واژهٔ Form در زبان انگلیسی است. این واژه برگردان لغت لاتین Forma است که توأمان جایگزین دو کلمه یونانی Eidos در آرای فلسفی افلاطون (۴۲۷-۳۴۷ پ.م.) و Morphe در آرای فلسفی ارسطو (۳۸۴-۳۲۲ پ.م.) شده (عادلی و ندیمی، ۱۳۹۸: ۵۴-۵۸). به علت نقشی که معماری در شکل فیزیکی بخشیدن به فضاهای دربرگیرنده انسان دارد، در نسبت با فرم وضعیتی متفاوت با دیگر رشته‌ها دارد. از همین رو است که برخلاف دیدگاه‌های فلسفی که فرم را بیشتر به مثابه «ایده» می‌انگاشتند، در معماری تلقی فرم به مثابه «شکل» رایج‌تر است، و با این حال گاهی فرم را «شکل» تلقی کرده‌اند، و گاهی «ایده» و این خود از علل اصلی ابهام مفهوم فرم در معماری بوده است. فرم به معنای شکل بر آن ویژگی‌هایی که توسط حواس دریافت می‌شوند، و فرم به مثابه ایده بر ویژگی‌هایی که توسط ذهن شناخته می‌شوند، دلالت می‌کند (بلوری‌بزاز و مستغنی، ۱۳۹۸: ۱۴). فرم از نظر گستره معنایی، واژه‌ای باز، کلی، نسبی و دارای مراتب است که دارای تعاریف بسیار در مقوله هنر است. فرم یا صورت، تظاهر حسی یک اثر و بیانی است که خود را در معرض قضاوت قرار می‌دهد. فرم در معماری را نیز می‌توان تظاهر واضح یک اثر معماری دانست و آن را کلیتی فیزیکی از اثر که از ترکیب عناصر بصری شکل یافته است، تصور کرد. فرم، مهم‌ترین و اولین عامل در ادراک بصری مخاطب در هنگام مواجهه با یک اثر معماری است. در موقع نگاه کردن به یک ساختمان، نخست فرم کلی آن را تشخیص می‌دهیم و سپس جزئیات آن را درک می‌کنیم (حجت و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۱). فرم اصلی‌ترین عامل معماری است و باید با عوامل مختلف مؤثر بر معماری ازجمله نظام ارزشی، فرهنگ‌ها، شرایط محیطی، عملکردی و همچنین پایداری هماهنگ باشد. در طول تاریخ، بسیاری از معماران آن را به‌عنوان مهم‌ترین عامل در طراحی در نظر گرفته و موضوعات دیگر را تحت‌الشعاع آن قرار داده‌اند، ولی با توجه به موضوعات مهم مؤثر بر معماری، ازجمله اقتصاد که از مهم‌ترین موضوعات در جوامع بشری است، هر فرمی نمی‌تواند قابل پذیرش باشد، زیرا فرم باید شرایط مناسبی را برای زندگی انسان ایجاد کند که به همراه آن، همهٔ عوامل مؤثر بر معماری ازجمله شرایط اقتصادی بهبود خواهد یافت (عالمی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۳۱).

اثر فرم بر عملکرد انرژی ساختمان

یکی از رویکردهای کلیدی برای دستیابی به طراحی کم-انرژی، فرم‌یابی است. فرم ساختمان یکی از مهم‌ترین قسمت‌های طراحی آن است که بر دریافت امواج تابشی، نور طبیعی و انتقال حرارت اثر می‌گذارد (Jalali & et Al., 2019: 2). ایده استفاده از بهترین شکل ساختمان با رویکرد زیست‌محیطی در دهه ۱۹۶۰ به وسیله معماران و طراحان شهری مطرح گردید. درحالی که معماران نیروهای موجود در طبیعت را که موجب شکل بخشیدن به ساختمان‌های ما می‌شوند را مورد مطالعه قرار می‌دادند، در ابتدا طراحان و برنامه‌ریزان شهری بیشترین توجه را به کاربری مطلوب زمین داشتند. از آن زمان به بعد و با افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی و کاهش منابع سوخت‌های فسیلی، توجه‌ها بیشتر به سمت تاثیر مورفولوژی شهری و فرم ساختمان بر مصرف انرژی در محیط ساخته‌شده معطوف شد. در این راستا، طراحان شهری عموما بر محیط بیرونی ساختمان و معماران بر فضای داخلی آن متمرکز شدند (Taleghani & et Al., 2013: 166). مطالعات انجام شده در زمینه رابطه بین فرم ساختمان و مصرف انرژی را می‌توان در دو دسته طبقه‌بندی کرد. اولی به مقایسه تاثیر فرم‌های مختلف ساختمانی بر مصرف انرژی و دومی با توسعه مدل‌های ساده و از طریق تحلیل‌های آماری به برآورد و پیش‌بینی مصرف انرژی فرم‌های گوناگون می‌پردازد. از زمان توسعه ابزارهای شبیه‌سازی انرژی، تاثیر شکل و فرم ساختمان بر عملکرد انرژی به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است (اکبری و ابراهیمی،

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

۱۳۹۹: ۱۱۷۶). تحقیقات نشان داد در ساختمان‌های مختلف به علت نامتناسب بودن آن نسبت به شرایط اقلیمی، جهت تابش خورشید و سرمایش، اتلاف انرژی زیادی صورت می‌گیرد. تاثیر عصر ارتباطات و صنعتی شدن جوامع بر فضاهای معماری کاملا مشهود است، و هر روز فرم‌ها و طرح‌های متفاوتی را در معماری شاهد هستیم، طرح‌ها و فرم‌هایی که شاید با توجه به یک‌سری شرایط و ضوابط و یا بدون توجه به شرایط خاص و صرفا به علت فرم‌های جالب توجه یا تقلید صرف ساخته می‌شوند (احمدزاده سرخکلائی و کرد جمشیدی، ۱۳۹۷: ۵۴). تاثیر مستقیم عناصر اقلیمی در شکل‌گیری موجودات، واقعیت شناخته شده‌ای است. در تاریخ طبیعی، قانون عمومی این است که فقط انواع و گونه‌هایی می‌توانند به حیات خود ادامه دهند که بتوانند خود را با محیط وفق دهند. با مصالح بافت خود هماهنگ شوند و با تمام نیروهای داخلی و خارجی که با آن روبه‌رو هستند سازگار شوند. در نتیجه، شکل ساختمان نیز می‌تواند تاثیر زیادی در هماهنگ ساختن ساختمان با شرایط اقلیمی، همچنین در تعدیل انتقال شرایط بحرانی هوای خارج به داخل ساختمان داشته باشد (کسمائی، ۱۳۹۵: ۱۱۶). از یک سو فرم و شکل ساختمان باید با اثرات مطلوب و یا نامطلوب حرارتی محیط مطابقت داشته باشد. بر این اساس، برخی از اشکال و فرم‌ها نسبت به برخی دیگر در مناطق مختلف ترجیح داده می‌شوند. فرم ساختمان تأثیر مهمی بر روی اتلاف حرارت ساختمان‌ها دارد. از سوی دیگر، ضریب انتقال حرارت کلی، مقدار اتلاف حرارت از طریق پوسته ساختمان را تعیین می‌کند. بنابر این، اتلاف حرارت برای فرم‌های ساختمانی مختلف باید در رابطه ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان تعیین شود (شیری و همکاران، ۱۳۹۸: ۷۶). امروزه طراحی همساز با اقلیم به شیوه غیرفعال یکی از راهکارهای مؤثر در دسترسی به ساختمان‌های کم‌مصرف از نظر سوخت فسیلی و کاهش آلودگی محیط‌زیست، محسوب می‌شود. هدف و رویکرد اصلی در چنین شرایطی حداقل استفاده از سامانه‌های مکانیکی و کاهش مصرف انرژی برای گرمایش، سرمایش و بهره‌گیری حداکثری انرژی تابشی است. پوسته خارجی ساختمان‌ها امکان تبادل انرژی حرارتی فضای کنترل شده داخل را با فضای کنترل نشده خارج ایجاد می‌کنند (مختاری و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۵۴). همچنین طراحی فرم ساختمان و چیدمان فضایی آن بر اساس داده‌های اقلیمی و در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی، به عنوان پاسخ‌های غیرفعال شناخته می‌شود (Yeang, 2006).

مؤلفه‌های فرم

به منظور دستیابی به طراحی فضاهای معماری و شهری همساز با اقلیم، مطالعه چگونگی تاثیر شاخص‌های کالبدی فضاهای معماری و شهری بر میزان بهره‌مندی از انرژی‌های تجدیدپذیر و مصرف انرژی‌های فسیلی ضروری است. بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه تاثیر مولفه‌های فرم شهر و معماری بر انرژی با تاکید بر بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی صورت گرفته است. مطالعات نشان داده‌اند که بین فشردگی (نسبت سطح پوسته خارجی به حجم) ساختمان و مصرف انرژی آن همبستگی وجود دارد و فرم‌های با میزان فشردگی بالا، مصرف انرژی کمتری به ویژه در اقلیم سرد و گرم دارند، همچنین شکل هندسی ساختمان تاثیر قابل توجهی در هزینه‌های ساختمانی و انرژی آن (اکبری و ابراهیمی، ۱۳۹۹: ۱۱۷۶). شکل سایت، طرح کلی خیابانی که بنا در آن قرار دارد، فاصله بین ساختمان‌های مجاور و فرم آن‌ها عواملی هستند که تاثیر مهمی بر شرایط ساختمان هنگام دریافت تابش خورشیدی دارند (Jalali & et Al., 2019: 2). پژوهشگران ویژگی‌هایی از فرم ساختمان را به عنوان محرک‌های بالقوه میزان تقاضای انرژی ساختمان، شناسایی کرده‌اند. این ویژگی‌ها شامل شکل هندسی، پیکربندی و تراکم ساختمان می‌باشند. هندسه ساختمان (فشردگی) به عنوان یک عامل مهم می‌تواند بر میزان از دست دادن حرارت توسط پاکت بنا اثر گذارد. پیکربندی ساختمان شامل مساحت کف و فاکتور دید به آسمان است. این عوامل می‌توانند کریدورهای تهویه و سایه‌هایی را ایجاد کنند که بر راندمان تهویه و تابش خورشیدی تأثیر می‌گذارد. همچنین فاکتور فرم و تراکم ساختمان شاخص‌های مهمی در تحقیقات هستند. تراکم با میزان دریافت نور و تابش خورشیدی مرتبط بوده و بیشتر بر میزان مصرف انرژی ساختمان در جهت تامین سرمایش، گرمایش و نور اثرگذار است (Yang & Wang, 2022: 1). فشردگی فرم می‌تواند مصرف انرژی را کاهش دهد. بنابر این از فشردگی به عنوان یک شاخص در ارزیابی میزان تاثیر فرم بر عملکرد انرژی استفاده می‌شود. شکل هندسی و

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

پاکت ساختمان مهمترین پارامترهای اثرگذار بر اقلیم داخلی هستند. توسعه شکل ساختمان برای دستیابی به عملکرد انرژی بهتر ضروری است. تغییرات و دست‌کاری شکل هندسی ساختمان گرمای محاسبه شده برای بار برودتی را کاهش می‌دهد. در این حالت، رفتار مصرف انرژی نه تنها از جهت‌گیری ساختمان بلکه از شکل و نسبت حجم به سطح نیز اثر می‌پذیرد (Yeang, 2006). ابعاد و جهت‌گیری پاکت بنا عناصری هستند که مستقیما در محیط بیرون قرار دارند. جزئیات این عناصر به طور خاص توسط فرم تعیین می شود که به نوبه خود بر عملکرد حرارتی ساختمان تأثیر می‌گذارد. بدون تردید انتخاب یک شکل هندسی بهینه، جهت‌گیری و پیکربندی مناسب پاکت می‌تواند تا ۴۰ درصد مصرف انرژی را کاهش دهد (Rashdi & Embi, 2016: 783-784). مارتینز و همکاران هفت عامل شکلی شهری را به عنوان عوامل مرتبط بر پارامتر پاسخ تابشی در سقف‌ها برجسته می‌کنند: نسبت ابعاد، فضای بین ساختمان ها، آلبیدو، فاکتور فرم، عمق ساختمان‌ها، نسبت مساحت و نسبت قطعه (Martins & et Al., 2016: 18). بسیاری از مطالعات تاثیر مهم فاکتور AR (نسبت‌های ابعادی) بر انرژی خورشیدی دریافتی توسط ساختمان‌ها را نشان داده‌اند فاکتور فرم نیز اثری بزرگ بر سطوح شرقی و غربی پدید می‌آورد. هر چه SF بزرگتر باشد، میزان تابش خورشیدی در نماهای عمودی بالاتر است. این اثر ممکن است در نماهای غربی منجر به افزایشی معادل ۷۷ کیلو وات ساعت در سال در تابش خورشیدی دریافتی گردد. عواملی که به عنوان تراکم ساخت شناخته می‌شوند از نظر آماری تاثیر معناداری بر ابعاد سقف‌ها و نماهای غربی دارند. FAR به عنوان تراکم عمودی و PR به عنوان ردپای (سطح اشغال) ساختمان، اثرات معکوس مهمی را بر روی سطوح عمودی ایجاد می‌کنند. هر چه این فاکتورها بیشتر باشند، میزان دسترسی به تابش خورشیدی در نمای ساختمان کمتر است. در رابطه با اثر فاکتور عمودی به تنهایی، که نمایانگر چیزی شبیه به ارتفاع متوسط وزن منطقه است باید گفت که، در مقایسه با دیگر فاکتورهای شکلی شهری اثرات قابل ملاحظه‌ای از خود نشان نمی‌دهد (Martins & et Al., 2016: 19-21). میزان تابش خورشیدی ناخواسته به نمای ساختمان‌ها یکی از اصلی‌ترین عواملی است که موجب افزایش بار برودتی و به تبع آن افزایش نیاز به انرژی می‌گردد. علاوه بر این، فرم و محل قرارگیری ساختمان، میزان انرژی خورشیدی دریافتی را مشخص می‌کنند. یک ساختمان با طراحی ضعیف، تحت تاثیر تابش مستقیم خورشید قرار گرفته و این امر در روزهای آفتابی موجب افزایش دمای فضاهای داخلی آن می‌گردد. جهت‌گیری مناسب فرم ساختمان یکی از عوامل مهم در بهینه‌سازی دریافت تابش خورشیدی است (Taleb & et Al., 2020: 3). شکل هندسی ساختمان، تراکم ساختمان، ارتفاع بناها، اختلاف ارتفاع ساختمان ها، الگوی چیدمان بلوک‌ها و تناسبات فضای باز از مهم‌ترین فاکتورهایی است که می‌تواند علاوه بر جریان داخلی، الگوی جریان پیرامونی ساختمان‌ها در تراز عابرین پیاده را نیز تحت تاثیر قرار دهد (اکبری و ابراهیمی، ۱۳۹۹: ۱۱۶۹). از آنجایی که فرم، ابعاد و جهت پاکت ساختمان را که در معرض محیط بیرونی است تعیین می کند، می‌تواند عملکرد ساختمان را در بسیاری از جنبه ها مانند بهره‌وری انرژی، هزینه‌ها و زیبایی‌شناسی تحت تاثیر قرار دهد. با تغییر پارامترهای طراحی مانند شکل هندسی، جهت و پیکربندی پاکت، یک ساختمان با کیفیت بالا طراحی می‌شود که می‌تواند ۴۰ درصد انرژی کمتری نسبت به یک ساختمان با کیفیت پایین مصرف کند (Wang & et Al, 2006: 363). با فرض جهت‌گیری بهینه و تعیین فرم مناسب، به دو صورت می‌توان در انرژی مصرفی ساختمان صرفه جویی کرد. از یک سو، با انتخاب شکلی که دریافت بالایی در فصل زمستان داشته باشد، می توان از انرژی حرارتی خورشید برای کاهش نیاز به انرژی گرمایی بالاتر بهره برد و از سوی دیگر، می‌توان از پنل‌های خورشیدی برای تامین بخشی از انرژی برق ساختمان استفاده کرد (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۲-۵۳). براساس پژوهش‌ها، همبستگی بین ارزش‌هایی مانند شاخص‌ها و بارهای حرارتی شبیه‌سازی شده ساختمان‌ها با شکل‌های مختلف، جهت‌گیری، درصد سطح نورگذر و چگونگی توزیع آن قابل توجه می‌باشد (Catalina & et Al., 2011: 1726-7). بر اساس مطالب فوق، فرم ساختمان از مؤلفه‌های مختلفی تشکیل شده (جدول ۲) و هر یک از آن‌ها در چگونگی مواجهه فرم با محیط بیرون مؤثر هستند.

جدول ۲. مؤلفه‌های فرم ساختمان

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

۱	ابعاد	۵	تراکم	۹	نسبت حجم به کف
۲	شکل هندسی	۶	جهت گیری	۱۰	ضریب لاغری
۳	پیکربندی	۷	فشردگی	۱۱	نسبت عمق به عرض
۴	سطح اشغال	۸	فاکتور فرم		

تابش خورشیدی

شاخص‌ترین عامل طبیعی که باعث ایجاد تغییرات مداوم در شرایط آب و هوایی یک نقطه بر روی سطح زمین می‌گردد، تابش‌خورشیدی است. تابش‌خورشید نه تنها عامل ایجاد نور و روشنایی است؛ بلکه این نور سرانجام به حرارت نیز تبدیل می‌شود و تأثیر به‌سزایی بر شرایط اقلیمی منطقه می‌گذارد. ویژگی اصلی تابش‌خورشیدی، یکنواخت نبودن آن است (Rathod & Kumar, 2016: 2). میزان این نیرو بر حسب موقعیت خورشید نسبت به یک نقطه روی زمین، و مدت تابش در زمان‌های مختلف شبانه‌روز، و فصول سال، متغییر است (شیری و همکاران، ۱۳۹۸: ۸۴). از انرژی‌خورشیدی در مناطق شهری می‌توان برای تولید الکتریسیته، گرمایش و تامین روشنایی فضاهای زندگی استفاده نمود. آن بخش از انرژی‌خورشیدی که بر روی منطقه‌ای از شهر فرود می‌آید، به وسیله ساختمان‌ها و یا توسط زمین بین آن‌ها دریافت می‌گردد. آن بخش که به ساختمان‌ها می‌رسد توسط بام و نما جذب می‌گردد. بنابراین، بهترین شکل استفاده از انرژی‌خورشیدی بر اساس تایپ هر یک از این سطوح متفاوت است (Okeil, 2004: 2). با توجه به چالش‌های مرتبط با پایداری مانند منابع تجدیدپذیر انرژی و کیفیت‌محیطی، نورطبیعی منبعی مهم جهت بهبود مصرف انرژی از راه به حداقل رساندن بارهای تامین روشنایی، سرمایشی و گرمایشی می‌باشد (Yazhari & et Al., 2018: 129).

آسایش حرارتی

آسایش حرارتی به راحتی قابل تعریف نیست، ولی به‌طور کلی می‌توان آن را احساس راحتی نمودن فرد با قرارگیری در یک فضای زیستی مصنوعی تعریف نمود. از آن‌جایی که شرایطی که افراد مختلف در آن احساس راحتی می‌نمایند متفاوت است، مفهوم آسایش حرارتی نیز متفاوت است (نجفی و نجفی، ۱۳۹۱: ۶۲). در واقع، آسایش حرارتی به عنوان شرایطی تعریف می‌شود که در آن ذهن از شرایط حرارتی محیط احساس رضایت کند و همچنین در ترکیبی از حرارت، جریان هوا، رطوبت، لباس پوشیدن و متابولیک ریت بدن سنجیده می‌شود. این نوع از آسایش امری فردی است اما به طور عمومی در بازه دمایی ۲۴-۲۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته می‌شود (Kasteren & et al., 2019: 2). به بیانی دیگر، آسایش حرارتی شرایطی از ادراک است که در آن محیط از لحاظ حرارتی رضایت بخش باشد. ترکیب مطلوبی از دمای هوا، رطوبت نسبی، حرکت هوا و متوسط دمای تابشی محدوده مشخصی را ارایه می کند که اکثر افراد در آن احساس آسایش می‌کنند که این محدوده را زون یا منطقه آسایش می نامند (حاجی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۶۰). آسایش حرارتی توسط هنسن به عنوان "حالتی که در آن هیچ انگیزه‌ای برای اصلاح محیط توسط رفتار وجود ندارد" تعریف شده است. انجمن مهندسین گرمایش، تبرید و تهویه مطبوع آمریکا (ASHRAE) آن را به‌عنوان "شرایط ذهنی که در آن رضایت از محیط حرارتی ابراز می‌شود" تعریف کرده است (Djongyang & et al., 2010: 2627). در چند سال گذشته، آسایش حرارتی، به ویژه توسعه و بکارگیری مدل آسایش حرارتی، تمرکز تحقیقاتی محیط ساختمان بوده است. از دهه ۱۹۷۰، مجموعه ای از مدل‌های آسایش حرارتی بر اساس احساس حرارتی افراد نسبت به محیط ایجاد شد و به تدریج به بخش مهمی از زمینه تحقیقات آسایش حرارتی تبدیل شد (Zhao & et al., 2020: 3). مفهوم آسایش و عدم آسایش حرارتی انسان از طریق شاخص‌های تئوری و تجربی زیادی محاسبه می‌شوند که داده‌های ورودی این شاخص‌ها بسیاری از عناصر آب و هوایی از جمله سرعت باد، درجه حرارت، رطوبت، تابش خورشیدی و غیره هستند (فلاح‌قالهری و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۶۸). فنگر (۱۹۷۲) تحقیق جامع و کاملی را در مورد تاثیر عناصر آب و هوایی بر روی

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

احساس راحتی گرمایی انجام داد. تحلیل وی بر این مبنا استوار بود که آسایش و راحتی انسان مشتق از معادله تراز حرارتی بدن انسان و محیط وی می‌باشد.

تخمین محدوده آسایش (PMV)

فنگر (Fanger) محدوده آسایش خود را بر اساس محاسبه میزان تبادل حرارت بین بدن انسان و محیط ارائه کرده است. از آنجائی که این روش، بسیاری از معیارهای آسایش را در بر دارد روش کاملی به حساب می‌آید. این روش تحت عنوان PMV عنوان شد. بعدها این روش توسعه یافت و تحت عنوان PPD مطرح شد (صادقی روش و طباطبایی، ۱۳۸۸: ۴۰). مدل میانگین رای پیش‌بینی شده (PMV) آسایش حرارتی که در اواخر دهه ۱۹۶۰ توسط فنگر ابداع شده در سراسر جهان جهت ارزیابی آسایش حرارتی استفاده می‌شود (Van Hoof, 2008: 181). فنگر یک فرمول ریاضی مربوط به آسایش حرارتی را با شش پارامتر ایجاد کرد (روابط ۱ الی ۶): دمای هوا، دمای تابش، رطوبت نسبی، سرعت باد، مقاومت حرارتی لباس و فعالیت. در حالی که محققان پیشین صدها عامل تأثیرگذار را پیشنهاد کردند، فانگر تنها عوامل اصلی را انتخاب کرد که شامل نه تنها عوامل محیطی فیزیکی، بلکه پارامترهای فیزیولوژیکی انسان نیز می‌شد. در واقع او مطالعه آسایش حرارتی را از تحقیقات کیفی به تحقیقات کمی تغییر داد (Zhao & et al., 2020: 5). فنگر با مرتبط دانستن احساس گرما با توان فرد و بر اساس نتایج تجربی به دست آمده از آزمایش، معیاری را به عنوان درجه احساس تعریف کرد. این معیار به عنوان ضریب PMV نمایه آسایش نامیده شده است که نشان‌دهنده متوسط احساس یک‌سان چندین نفر از یک شرایط محیطی است.

PMV= (0.303 e -0.036M + 0.028)[(M-W) -H - Ec- Crec -Erec] رابطه (۱)

E=3.05×10-3 (256 tsk -3373 -Pa) + Esw رابطه (۲)

Ec=3.05×10-3 [5733 – 6.99 × (M-W) - Pa] + 0.42 (M-W -58.15) رابطه (۳)

Crec = 0.0014 M (34-Ta) رابطه (٤)

Erec= 1.72 × 10-5 M (5867 - Pa) رابطه (٥)

H=Kcl = tsk - tcl / Icl رابطه (٦)

شاخص PPD

شاخص PPD نیز که برای پیش‌بینی درصد افراد ناراضی از محیط حرارتی تعیین شده بر مبنای شاخص PMV شکل گرفته است. در شاخص مذکور درصد افرادی که بر اساس شاخص PMV نظر کمتر از ۲-، ۳- و یا بیشتر از ۲+، ۳+ را داده اند به صورت درصد بیان میشود (نجفی و نجفی، ۱۳۹۱: ۶۳). به منظور سنجش احساس حرارتی هفت درجه متفاوتی که سازمان ASHRAE ارائه کرده، توسط فنگر مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۳):

جدول ۳. مقیاس احساس حرارتی فنگر (قیابکلو، ۱۳۸۰: ۷۳)

ردیف	احساس	شاخص
۱	بسیار گرم	۳+
۲	گرم	۲+
۳	کمی گرم	۱+
٤	متعادل	۰
٥	کمی سرد	۱-
٦	سرد	۲-
۷	بسیار سرد	۳-

شاخص های نور روز

در طی دهه‌های اخیر، شاخص‌های زیادی برای اندازه‌گیری نور روز در داخل فضا معرفی شده که می‌توان آن‌ها را به دو دسته تقسیم کرد: ۱) شاخص‌های استاتیک و ۲) شاخص‌های دینامیک. شاخص‌های استاتیک تحت شرایط بیرونی مشخص و ثابت (آسمان ابری یا بدون ابر)، میزان روشنایی طبیعی را در فضای داخلی بیان می‌کنند. شاخص‌های

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

دینامیک (شاخص‌های مبتنی بر اقلیم) یک مدل پیش‌بینی نور روز هستند که کمیت‌های مختلف روشنایی را با در نظر گرفتن وضعیت آسمان و موقعیت خورشید، براساس داده‌های اقلیمی، شبیه‌سازی و ارزیابی می‌کنند (فدایی اردستانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۷). تاکنون شاخص‌های متعددی برای ارزیابی میزان روشنایی و خیرگی پیشنهاد شده‌اند.

شاخص کفایت نور روز فضایی (Spatial Daylight Autonomy): این شاخص که نخستین بار توسط لیزا هشونگ مطرح شد، هر دو ویژگی‌های فضایی و زمانی عملکرد نور روز را در نظر می‌گیرد و همچنین یک شاخص منطقه‌ای است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۴۷). این معیار درصدی از فضا که بالای حد روشنایی نور روز حداقل (۳۰۰ لوکس) را برای درصد حداقل زمان سال (۵۰ ٪ زمان اشغال فضا) کسب کرده، نشان می‌دهد (منصوری کیوج و ضیابخش، ۱۴۰۲: ۸۴). همچنین این شاخص به صورت sDA300/50% تعریف می‌گردد (Amini Badr & et al., 2020: 15). نسخه چهارم مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ضمن تائید، این شاخص را به آستانه‌های ٪۵۵، ٪۶۵ و ٪۷۵ تقسیم بندی نموده و کسب مقادیر بالای ٪۸۵ را مستلزم بررسی احتمال بروز خیرگی دانسته است (دفتر تدوین م.م.س، ۱۳۹۹: ۸۷).

عدم آسایش بصری نوری

خیرگی: تابش خیره کننده توسط انجمن مهندسی روشنایی آمریکای شمالی (IESNA) به این صورت تعریف شده است: "احساس ایجاد شده توسط روشنایی در میدان بینایی که بیش از حدِ روشنایی‌ای است که چشم‌ها با آن سازگار شده‌اند که باعث آزار، ناراحتی یا از دست دادن عملکرد بینایی و دید شود (Eble-Hankins & Waters, 2005:7). در واقع خیرگی زمانی اتفاق می‌افتد که چشم ها با یک روشنایی مشخصی سازگار شده‌اند، سپس نور آزاردهنده، منحرف و گاهی اوقات خیره کننده در داخل میدان بصری ظاهر می‌شود. خیرگی یک پدیده پیچیده است و رویکردهای متفاوتی در ارزیابی آن برای محاسبه قابلیت‌های ایجاد ناراحتی به کار گرفته شده‌اند.

قرارگیری در معرض تابش سالانه (ASE): شاخص دینامیک دیگری است که به عنوان روشی برای تشخیص شرایط آزار دهنده (بصری و حرارتی) معرفی شده است. این شاخص، تابش مستقیم خورشید را به عنوان عاملی برای ایجاد نارضایتی درنظر می‌گیرد و بر همین اساس درصد فضایی را که مقدار روشنایی مستقیم بیشتر از ۱۰۰۰ لوکس را در حداقل ۲۵۰ ساعت از دوره اشغال دریافت می‌کند را نشان می‌دهد. حداقل مقدار قابل قبول پیشنهادی برای این شاخص ۱۰٪ است (شفوی‌مقدم، ۱۳۹۸: ۲۰۲).

داده و روش کار

محدوده مورد مطالعه

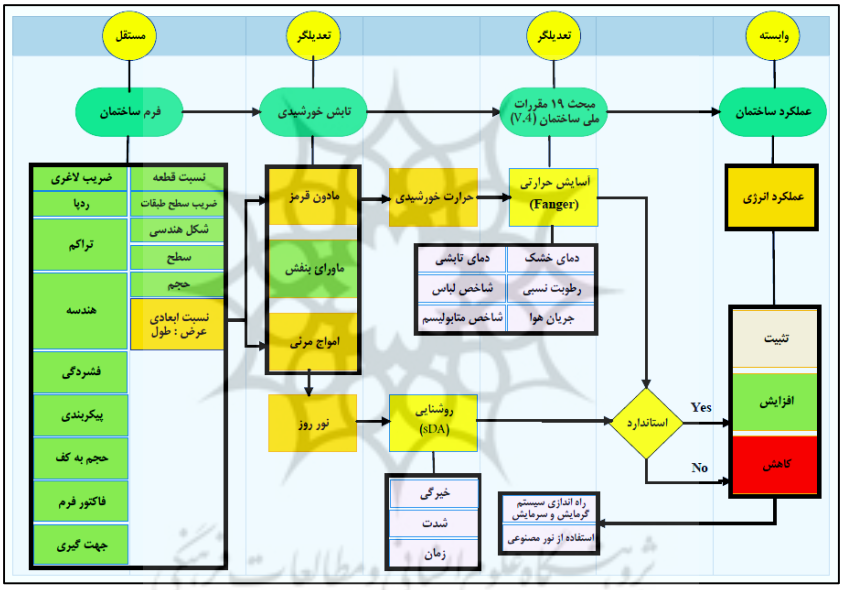
ساختمان‌ها برای ساده‌سازی تحقیق معمولاً به گروه‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. چنین طبقه‌بندی معمولاً بر اساس پارامترهای مربوط به ساختمان، مانند مساحت طبقه است. به عنوان مثال، اگر مساحت ساختمان از ۱۰۰ متر مربع تا ۴۰۰ متر مربع باشد، می‌توان آن را با توجه به فواصل [۱۰۰، ۲۰۰]، [۲۰۰، ۳۰۰] و [۳۰۰، ۴۰۰]، به ترتیب با کلمات کوچک، متوسط و بزرگ جایگزین کرد. بر این اساس، تمام ساختمان‌ها به سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند: ساختمان‌های کوچک، ساختمان‌های متوسط و ساختمان‌های بزرگ؛ و در پی آن مطالعه بر روی هر گروه قابل انجام است (Yu & et. Al, 2011: 1410). این پژوهش جهت تعریف ساختمان‌های اداری بزرگ مقیاس از گروه‌بندی ویرایش چهارم مبحث ۱۹ (م.م.س) استفاده و تعداد ۱۰۰ بنا را به صورت نظام‌دار از کلیه مناطق ۲۲ گانه شهر تهران انتخاب و دسته‌بندی نموده است. از منظر این مبحث و بر اساس کاربری، شدت مصرف انرژی و میزان زیربنا و طبقه، این دسته از بناها در گروه "ب" طبقه‌بندی می‌شوند (دفتر تدوین م.م.س، ۱۳۹۹: ۱۹۱).

داده و روش کار

این پژوهش با استفاده از روش تحقیق توصیفی-تحلیلی انجام و داده‌های مورد نیاز آن از اسناد و منابع روزآمد کتابخانه‌ای گردآوری شده است. پس از گردآوری شکل هندسی پاکت ساختمان بناهای مورد نظر توسط نرم‌افزار

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

Google Maps، این داده‌ها توسط نرم‌افزار کامپیوتری مدل‌سازی و شبیه‌سازی شده و خروجی آن مورد توصیف و تحلیل قرار گرفته است. با توجه به انطباق فاکتورهای مورد نظر مبحث ۱۹ با مدل آسایش حرارتی فنگر (دفتر تدوین م.م.س، ۱۳۹۹: ۹) و همچنین تاکید بر تامین روشنایی طبیعی بر مبنای شاخص کفایت نور روز فضایی، جهت سنجش موارد مذکور از شاخص‌های PMV و sDA استفاده شده است. همچنین در راستای کنترل آستانه مطلوب میزان روشنایی طبیعی و خیرگی، از گواهینامه سنجش اعتبار LEED V.4 Option 1 مورد استفاده قرار گرفته است. این گواهینامه جهت کنترل خیرگی از شاخص سالانه "قرارگیری در برابر نور خورشید" (ASE) بهره می‌برد (شکل ۱). در ادامه جهت بی‌اثر نمودن متغیرهای کنترل، شکل هندسی پرتکرار در فرم این بناها بر اساس "مشخصات حداقل جدارهای غیر نورگذر پوسته خارجی ساختمان" و "مشخصات حداقل جدارهای نورگذر پوسته خارجی ساختمان" و با توجه به روش "نیاز انرژی" مندرج در ویرایش چهارم مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (جدول ۴) و در پنج نسبت ابعادی (Aspect Ratio) پیشنهادی در راستای دستیابی به گونه بهینه جهت تامین آسایش حرارتی و بصری نوری، با استفاده از نرم‌افزار Design Builder V6.0.1 مورد شبیه سازی قرار گرفته است.



شکل ۱. مدل مفهومی متغیرهای پژوهش

اعتبارسنجی

دیزاین‌بیلدر یکی از نرم‌افزارهای به روز و معتبر مدل‌سازی انرژی است که مصارف مختلف انرژی در ساختمان نظیر انرژی گرمایشی، سرمایشی، نور روز، روشنایی، آب گرم مصرفی، تهویه و سایر تجهیزات مکانیکی و الکتریکی را به صورت دینامیک مدل‌سازی کرده و درنهایت مصرف سالانه، ماهانه و حتی روزانه ساختمان‌ها را در قالب جداول و نمودارها نمایش می‌دهد (فرخی و همکاران، ۱۳۹۷). این نرم افزار از موتور شبیه‌ساز Energy Plus بهره می‌برد (Daemei & et al., 2016: 415). موتور انرژی پلاس توسط بخش انرژی امریکا در سال ۲۰۱۱ توسعه یافته و بر اساس استانداردهای BESTEST و ASHRAE 14 مورد تایید واقع شده است. این نرم افزار به خوبی جهت محاسبه میزان تابش مستقیم و پراکنده خورشید بر روی اجسام کالیبره شده است (Blanco & et al. 2016: 327). از طرف دیگر، طراحی نور روز یکی از ویژگی‌های کلیدی سیستم‌های رتبه‌بندی ساختمان مانند LEED است. این سیستم از شاخص کفایت نور روز (DA) استفاده می‌کند که بیانگر درصد ساعات کاری در طول سال است که تمام یا بخشی از ساختمان می‌تواند نیاز به روشنایی خود را فقط از نور روز تامین نماید. دو معیار در LEED V.4 برای ارزیابی طراحی کفایت نور روز مدون شده‌اند که امکان ارزیابی یک فضای روشن روز را برای یک دوره یک ساله با توجه به دو معیار

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

ارزیابی مختلف ارائه می‌دهد. Spatial Daylight Autonomy (sDA) و Annual Sun Exposure (ASE) این دو معیار هستند که تصویر واضحی از عملکرد نور روز را تشکیل داده و به معماران در اخذ تصمیم مناسب کمک می‌کنند (Panya & et al, 2020: 15). از منظر اعتبارسنجی استفاده از این نرم افزار نیز: حیدری و همکاران در مقاله علمی-پژوهشی تحت عنوان: اصول راهبردی طراحی فرم ساختمان مسکونی در بوشهر، مبتنی بر کاهش مصرف انرژی" با استفاده از این نرم افزار به بررسی فرم، شکل، هندسه و جزئیات ساختمان‌ها پرداخته و با تلفیق و تجمیع مدل‌های بهینه به تحلیل میزان کاهش مصرف انرژی پرداخته‌اند (۱۴۰۱). صنایعیان و غرابی در پژوهش خود با عنوان "مروری بر پارامترهای فرمی بلوک‌های شهری تأثیرگذار بر مصرف انرژی و جذب انرژی خورشیدی" که در نشریه علمی-پژوهشی معماری و شهرسازی پایدار منتشر شده به بررسی میزان مصرف انرژی ساختمان از نقطه نظر طراحی غیر فعال در مقیاس بلوک شهری و در مقیاس بنا پرداخته و با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر، اصلی‌ترین شاخص‌های مؤثر در مصرف انرژی ساختمان و پارامترهای فرمی تأثیر گذار بر جذب انرژی خورشیدی از دیدگاه پژوهشگران متعدد را مورد بررسی قرار داده‌اند (۱۳۹۸). همچنین مداحی و توانایی در مقاله علمی-پژوهشی خود تحت عنوان "بهینه سازی عملکرد حرارتی جداره های خارجی یک ساختمان مسکونی میان مرتبه در اقلیم سرد و خشک با بهره گیری از نرم افزار شبیه ساز انرژی (نمونه موردی: شهر مشهد)" که در نشریه مهندسی مدیریت انرژی منتشر شده، با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر به بررسی نحوه عملکرد حرارتی بلوک‌های سفالی، لیکا و AAC در جداره‌های آفتابگیر پرداخته‌اند (۱۳۹۸). همچنین Marzouk and et al. در پژوهشی با "بهینه‌سازی استفاده از نور روز از نورگیرهای مسطح در ساختمان‌های تاریخی"از گواهینامه سنجش اعتبار Leed V4.1 Option 1 برای سنجش شاخص‌های sDA و ASE استفاده کرده‌اند (۲۰۲۲). نهایتا زارع مهذبه و همکاران در تحقیق خود تحت عنوان "بررسی کیفیت محیطی داخلی خانه‌های قاجاری شیراز با تاکید بر آسایش حرارتی و نور روز (نمونه موردی: خانه نعمتی)" با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر به بررسی دقیق عناصر کیفیت محیطی داخلی، خصوصا نور روز و آسایش حرارتی در این خانه‌ها و عوامل معماری تاثیرگذار بر عملکرد آن‌ها پرداخته‌اند (۱۳۹۸).

جدول ۴. شرایط و ویژگی‌های مدل‌سازی نرم‌افزاری

Building (R-Values)	**External Wall**	**Flat Roof**	**Window to Wall 40%**	
	0.500	0.713	(Heigh: 1.5m – Sill: 1.1 m – Spacing: 5m)	
Glazing	**SHGc**	**Ligh Transition**	Dubble Cle 3mm/13mm Arg	
	0.764	0.812		
Software	**Name**	**Version**	**Simulation Engine**	
	Design Builder	V6.1.0.6	Energy Plus: 8.9	
Solar Radiation	**Distribution**	**Shadow Calculation Method**	**Shadow Interval (Days)**	**Sky Diffuse Modeling Algorithm**
	Full Exterior	Average Over Days in Frequency	20	Simple Sky Diffuse Modelling
Daylight	**Simulation Type**	**Detail Template**	**Sky Method**	**Sky Model**
	LEED V.4 Option 1	Good	Dynamic	Dynamic
	Working Plane Height	**Margin**	**Min Grid Size**	**Max Grid Size**
	0.75m	0	0.3m	0.3m

یافته‌های تحقیق

ویرایش چهارم مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان، بناها را در دو گروه "ساختمان‌های ۹ طبقه و کمتر با زیربنای مفید کمتر از ۲۰۰۰ متر مربع" و "ساختمان‌های با بیش از ۹ طبقه یا زیربنای مفید مساوی یا بیشتر از ۲۰۰۰ متر مربع" قرار داده است (دفتر تدوین م.م.س، ۱۳۹۹: ۱۹۱). با توجه به ماهیت تحقیق، جهت یکسان بودن اقلیم و زمینه طراحی،

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

بناهای اداری بزرگ مقیاس شهر تهران، شامل وزارت‌خانه‌ها، ادارات کل، ساختمان‌های مرکزی بانک‌ها و بیمه‌ها، شهرداری‌ها، مجتمع‌های قضائی با دارا بودن شرایط گروه دوم انتخاب شده اند (جدول ۵). همچنین میزان فراوانی هر یک از این گونه ها در جدول شماره ۶ قابل مشاهده است.

جدول ۵. نام و شکل هندسی ساختمان‌های اداری بزرگ مقیاس شهر تهران

ردیف	نام مجموعه	شکل پلان	طبقه‌بندی شکلی	ردیف	نام مجموعه	شکل پلان	طبقه‌بندی شکلی	ردیف	نام مجموعه	شکل پلان	طبقه‌بندی شکلی
۱	وزارت آموزش و پرورش		C	۳۵	شرکت ارتباطات زیرساخت		N	۶۸	شهرداری منطقه ۱۲		D
۲	وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات		A	۳۶	سازمان برنامه و بودجه		E	۶۹	شهرداری منطقه ۴		C
۳	وزارت اطلاعات		C	۳۷	سازمان اداری و استخدامی		B	۷۰	شهرداری منطقه ۷		A
۴	وزارت اقتصاد و دارایی		A	۳۸	شرکت گاز ایران		B	۷۱	شهرداری منطقه ۲۲		B
۵	ستاد کل نیروهای مسلح		H	۳۹	صنایع پتروشیمی		A	۷۲	شهرداری منطقه ۱۸		A
۶	وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی		B	۴۰	پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی		A	۷۳	شهرداری منطقه ۹		D
۷	وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی		A	۴۱	سازمان تعاون روستایی ایران		H	۷۴	دارایی ارتش		A
۸	وزارت جهاد کشاورزی		A	۴۲	سازمان هلال احمر ایران		A	۷۵	شهرداری منطقه ۲۰		D
۹	وزارت دادگستری		A	۴۳	بیمه مرکزی ایران		B	۷۶	سازمان آب تهران		A
۱۰	شرکت مدیریت شبکه برق		C	۴۴	بانک دی (ساختمان مرکزی)		B	۷۷	سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی		F
۱۱	وزارت راه و شهرسازی		B	۴۵	معاونت اطلاعات ناجا		A	۷۸	سازمان ارتباطات زیرساخت (ساختمان شماره ۱)		A
۱۲	ستاد مشترک ارتش		D	۴۶	مجتمع قضایی شهید قدوسی		A	۷۹	اداره کل بازرسی استان		A
۱۳	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری		B	۴۷	مجتمع قضایی شهید صدر		B	۸۰	سازمان پزشکی قانونی کشور		A
۱۴	تربیت آموزش ستاد ناجا		E	۴۸	مجتمع قضایی بعثت		L	۸۱	سازمان هدفمندسازی یارانه‌ها		G
۱۵	وزارت کشور		A	۴۹	مجتمع قضایی شهید محلاتی		B	۸۲	سازمان تعزیرات حکومتی		G
۱۶	دیوان محاسبات کشور		B	۵۰	مجتمع قضایی شهید باهنر		I	۸۳	اداره پست (شماره ۱۵ تهران)		A

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

۱۷	وزارت نفت	A	۵۱	مجتمع قضایی غدیر		K	۸۴	اداره پست (شماره ۱۴ تهران)		A
۱۸	وزارت نیرو	A	۵۲	سازمان توانیر		C	۸۵	اداره پست (شماره ۱۶ تهران)		I
۱۹	وزارت ورزش و جوانان	B	۵۳	اداره کل مالیاتی غرب تهران		B	۸۶	اداره پست (شماره ۱۷ تهران)		A
۲۰	سازمان نقشه‌برداری کشور	A	۵۴	اداره کل مالیاتی جنوب تهران		B	۸۷	ستاد فرماندهی نیروی انتظامی تهران		A
۲۱	سازمان سنجش آموزش کشور	A	۵۵	اداره کل مالیاتی مرکز تهران		B	۸۸	سازمان بسیج		C
۲۲	سازمان بهزیستی	A	۵۶	بانک ملت (ادارات مرکزی)		A	۸۹	مرکز آمار و فناوری اطلاعات قوه قضائیه		F
۲۳	سازمان امور مالیاتی	J	۵۷	بانک آینده (ساختمان مرکزی)		G	۹۰	فدراسیون فوتبال		A
۲۴	سازمان بنادر و دریانوردی	B	۵۸	بانک مسکن (ادارات مرکزی)		B	۹۱	فدراسیون تکواندو		A
۲۵	سازمان نظام مهندسی کشور	B	۵۹	بانک پارسیان (ادارات مرکزی)		B	۹۲	فدراسیون والیبال		A
۲۶	سازمان نظام پزشکی کشور	B	۶۰	بانک سرمایه (ادارات مرکزی)		A	۹۳	سازمان مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی		B
۲۷	اداره پست مرکزی	B	۶۱	سازمان تربیت بدنی ارتش		A	۹۴	ساختمان اداری دانشگاه خوارزمی		A
۲۸	سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور	B	۶۲	پست بانک (ساختمان مرکزی)		B	۹۵	فرماندهی مرزبانی ناجا		F
۲۹	شهرداری تهران	A	۶۳	سازمان مرکزی دانشگاه تهران		A	۹۶	سازمان ساتبا		D
۳۰	بانک مرکزی ایران	B	۶۴	بنیاد شهید استان تهران		B	۹۷	برج اداری غدیر (بانک صادرات)		D
۳۱	بانک سامان (ساختمان مرکزی)	A	۶۵	مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران		B	۹۸	بانک خاورمیانه (ساختمان مرکزی)		B
۳۲	بانک صادرات (ساختمان مرکزی)	B	۶۶	اتاق اصناف ایران		B	۹۹	بانک توسعه صادرات ایران (ساختمان مرکزی)		B
۳۳	بیمه ایران (ساختمان مرکزی)	M	۶۷	سازمان صدا و سیما (ساختمان شیشه‌ای)		K	۱۰۰	شورای عالی قرآن		E
۳۴	شرکت ملی نفت ایران	A								

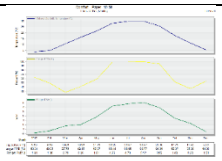
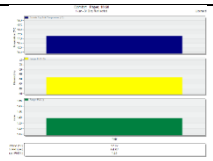
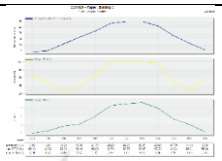
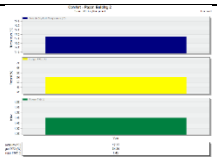
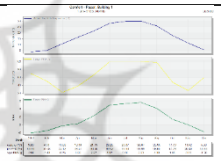
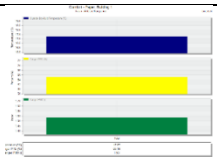
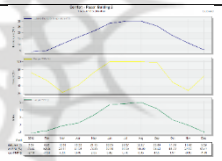
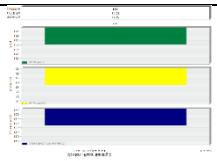
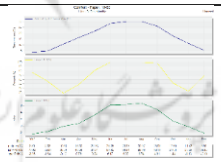
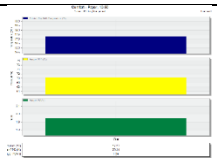
جدول ۶. میزان فراوانی گونه‌ها

گونه	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
تعداد	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	6	7	31	38

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

با توجه به اینکه گونه A با ۳۸ تکرار دارای بیشترین مقدار فراوانی بوده، این گونه جهت انجام مدل‌سازی انتخاب شده است. همچنین در راستای دستیابی به نسب ابعادی (طول به عرض) بهینه، این مدل‌سازی در ۵ حالت مختلف که یکی از آن‌ها (A3) با گونه دارای دومین میزان فراوانی (B) از نظر شکلی هم‌سان است، انجام گرفته است. نمودارهای نتایج شبیه‌سازی آسایش حرارتی گونه‌های مذکور و همچنین خروجی شبیه‌سازی آسایش بصری گونه A2 به ترتیب در جداول شماره ۷ و ۸ قابل مشاهده است.

جدول ۷. نمودارهای سالانه و ماهانه شبیه‌سازی آسایش حرارتی

گونه	نمودار فنگر ماهانه	نمودار فنگر سالانه
A1		
A2		
A3		
A4		
A5		

جدول ۸. نتایج شبیه‌سازی شاخص های sDA و ASE در گونه A2

Zone	Block	Floor area (m2)	sDA area in range (m2)	sDA % in Range%	ASE area in range (m2)	ASE % in range
Zone 1	Block 1	193.153	193.153	100.00	47.267	24.5
Zone 1	Block 2	193.153	193.153	100.00	47.731	24.7
Zone 1	Block 3	193.153	193.153	100.00	47.731	24.7
Zone 1	Block 4	193.153	193.153	100.00	47.731	24.7
Zone 1	Block 5	193.153	193.153	100.00	47.731	24.7
Zone 1	Block 6	193.153	193.153	100.00	47.731	24.7
Zone 1	Block 7	193.153	193.153	100.00	47.731	24.7
Zone 1	Block 8	193.153	193.153	100.00	47.731	24.7
Zone 1	Block 9	193.153	193.153	100.00	47.731	24.7
Zone 1	Block 10	193.153	193.153	100.00	47.731	24.7
	Total	**1931.529**	**1931.529**	**100.00**	**476.846**	**24.7**

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

طبق جدول شماره (۹)، نتایج شبیه‌سازی آسایش حرارتی و بصری نوری در ۵ گونه پیشنهادی به شرح زیر است:

A1: این گونه با PMV سالانه ۱/۴ و PPD سالانه ۶۴/۸۲ طی ۳ ماه از سال در محدوده آسایش حرارتی مقیاس فنگر قرار دارد. میزان شاخص کفایت نور روز فضایی (sDA) با ٪۱۰۰ (۳ امتیاز) مورد قبول و از منظر شاخص قرارگیری در معرض خورشید (ASE) با عدد ٪۹۷/۴ بر اساس گواهینامه سنجش اعتبار LEED V.4 Option 1 مردود است.

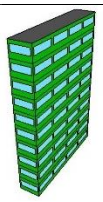
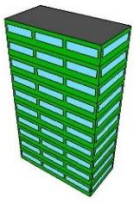
A2: این گونه با PMV سالانه ۱/۴۵ و PPD سالانه ۶۴/۲۶ طی ۳ ماه از سال در محدوده آسایش حرارتی مقیاس فنگر قرار دارد. میزان شاخص کفایت نور روز فضایی (sDA) با ٪۱۰۰ (۳ امتیاز) مورد قبول و از منظر شاخص قرارگیری در معرض خورشید (ASE) با عدد ٪۷۵/۳ بر اساس گواهینامه سنجش اعتبار LEED V.4 Option 1 مردود است.

A3: این گونه با PMV سالانه ۱/۵۳ و PPD سالانه ۶۵/۱۴ طی ۳ ماه از سال در محدوده آسایش حرارتی مقیاس فنگر قرار دارد. میزان شاخص کفایت نور روز فضایی (sDA) با ٪۱۰۰ (۳ امتیاز) مورد قبول و از منظر شاخص قرارگیری در معرض خورشید (ASE) با عدد ٪۷۹/۳ بر اساس گواهینامه سنجش اعتبار LEED V.4 Option 1 مردود است.

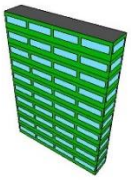
A4: این گونه با PMV سالانه ۱/۶۹ و PPD سالانه ۶۷/۰۳ طی ۳ ماه از سال در محدوده آسایش حرارتی مقیاس فنگر قرار دارد. میزان شاخص کفایت نور روز فضایی (sDA) با ٪۱۰۰ (۳ امتیاز) مورد قبول و از منظر شاخص قرارگیری در معرض خورشید (ASE) با عدد ٪۹۹/۷ بر اساس گواهینامه سنجش اعتبار LEED V.4 Option 1 مردود است.

A5: این گونه با PMV سالانه ۱/۹۴ و PPD سالانه ۷۰/۳۴ طی ۲ ماه از سال در محدوده آسایش حرارتی مقیاس فنگر قرار دارد. میزان شاخص کفایت نور روز فضایی (sDA) با ٪۱۰۰ (۳ امتیاز) مورد قبول و از منظر شاخص قرارگیری در معرض خورشید (ASE) با عدد ٪۱۰۰ بر اساس گواهینامه سنجش اعتبار LEED V.4 Option 1 مردود است.

جدول ۹. نتایج شبیه‌سازی آسایش حرارتی و نور روز

گونه	نسبت ابعادی	تصویر	PMV (Year)	PPD (%Year)	تعداد ماه های دارای آسایش حرارتی (-0.5≤pmv≤+0.5)	sDA		ASE	
						%	Points	%	Points
A	1-5		۱,۴۰	۶۴,۸۲	۳	۱۰۰	۳	۲/۶	Fail
	1-2		۱,۴۵	۶۴,۲۶	۳	۱۰۰	۳	۲۴,۷	Fail
	1-1		۱,۵۳	۶۵,۱۴	۳	۱۰۰	۳	۲۰,۷	Fail
	2-1		۱,۶۹	۶۷,۰۳	۳	۱۰۰	۳	۰/۳	Fail

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

	5-1		۱/۹۴	۷۰/۳۴	۲	۱۰۰	۳	۰	Fail

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

گسترش شهرها موجب تولید و تکثیر بناهایی با فرم‌ها و ویژگی‌های مختلف می‌گردد. این فرم‌ها با توجه به شکل و سایر ویژگی‌های فرمال خود از منظر عملکرد انرژی دارای رفتاری متفاوت هستند. با توجه به همزمانی فعالیت در کاربری‌های اداری و حضور نور روز، شکل هندسی این بناها موجب تعریف نحوه دریافت حرارت خورشیدی و نور مرئی می‌گردد. بنابر این در صورت عملکرد ضعیف این فاکتور از فرم، علاوه بر کاهش راندمان انرژی، با عدم تامین آستانه روشنایی یا ایجاد خیرگی، فعالیت اداری نیز با اختلال روبرو شده وکاهش راندمان را تجربه می‌کند. بر این اساس و با توجه به موارد ذکر شده، در پاسخ به سوال اول، اشکال مستطیل و مربع به ترتیب با فراوانی ۳۸ و ۳۱ درصد، ٪۶۹ از فرم این بناها را شکل داده‌اند. از طرف دیگر و در پاسخ به سوال دوم تحقیق، گونه پیشنهادی A2 با نسبت طول به عرض ۲ به ۱ بهینه‌ترین عملکرد را در برابر حرارت خورشیدی و امواج مرئی دارا می‌باشد. این گونه علاوه بر قرارگیری در شرایط آسایش حرارتی طی ۳ ماه از سال و به تبع آن کاهش بارهای حرارتی و برودتی و همچنین کاهش نیاز به نور مصنوعی در زمان حضور تابش خورشیدی با تامین ۱۰۰ درصدی کفایت نور روز فضایی، از منظر شاخص ASE نیز نسبت به سایر گونه‌های پیشنهادی از شرایط مطلوب‌تری بهره می‌برد. هر چند میزان مطلوب ASE به عنوان معیار سنجش احتمال خیرگی شرایط مطلوب را کسب نکرده، اما با استفاده از انواع سایبان‌ها این موضوع قابل کنترل می‌باشد. بنابر این، استفاده از شکل هندسی مکعب مستطیل با نسبت طول به عرض ۲ به ۱ در طراحی فرم ساختمان‌های اداری بزرگ مقیاس شهر تهران توصیه می‌گردد. به عنوان پیشنهاد، بررسی نقش سایر مؤلفه‌های فرم از جمله مؤلفه‌های مهم فاکتور فرم و پیکربندی در راستای تامین همزمان آسایش حرارتی و بصری نوری در این‌گونه از ساختمان‌ها جهت پژوهش‌های آتی می‌تواند راهگشا باشد.

منابع

احمدزاده سرخکلائی، معصومه، کرد جمشیدی، ماریا. (۱۳۹۷). بررسی عوامل مؤثر بر شکل‌گیری معماری پایدار با تاکید بر فرم بنا (نمنه موردی: شهرستان سوادکوه). انرژی ایران، ۲۱(۴): صص: ۷۴-۵۳.

اکبری، حسن، ابراهیمی، اسماعیل. (۱۳۹۹). طراحی اقلیمی فرم، نسبت ابعادی و جهت استقرار ساختمان بر اساس تابش خورشید در شهر تهران. مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاههای انسانی، ۱۵(۴): صص: ۱۱۸۸ – ۱۱۷۵.

بشیان، فرید، سروری، هادی، حنایی، تکتم، سروری، علی اکبر. (۱۴۰۲). تبیین جایگاه آینده در برنامه ریزی شهری راهبردی. فصلنامه چشم انداز شهرهای آینده، ۴(۱): ۹۷-۱۱۴.

بلوری‌بزاز، مونا، مستغنی، علیرضا. (۱۳۹۸). فرمالیسم درمعماری و نسبت آن با مفهوم فرم. صفه، ۲۹(۴): ۵-۱۸.

جابری، علی، غریب پور، افرا. (۱۴۰۲). ارزیابی تأثیر شکل و تناسبات هندسی پلان، جهت‌گیری و ارتفاع طبقه، بر عملکرد نور روز ساختمان‌های بلند اداری شهر تهران. نشریه علمی اندیشه معماری، ۷(۱۳)، ۱۹۲-۲۱۱.

جلائیان قانع، نوید، سجاد، آئینی. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر نمای دو پوسته و هندسه آن بر کنترل نور روز در فضاهای اداری (مدل‌سازی و تحلیل نور روز به‌وسیله نرم‌افزار دیوا). پژوهش های معماری نوین، ۶(۴)، ۷۳.

حاجی عظیمی، احسان، خوانین، علی، آقاجانی، مجید، و سلیمانیان، اردلان. (۱۳۹۰). محاسبه استرس گرمایی بر اساس شاخص WBGT در صنعت ذوب فلزات. مجله طب نظامی، ۱۳(۲ (مسلسل ۴۸))، ۵۹-۶۴.

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

حجت، عیسی، محمودی کامل‌آباد، مهدی، زندیه وکیلی، مریم. (۱۳۹۸). تبیین پارامترهای کیفی و معیارهای ارزیابی تعامل میان فرم و سازه در معماری امروز ایران. نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، ۲۴(۲): ۱۹-۲۸.

حیدری، الناز، مهدی‌نژاد، جمال‌الدین، دولابی، پویا. (۱۴۰۱). اصول راهبردی طراحی فرم ساختمان مسکونی در بوشهر، مبتنی بر کاهش مصرف انرژی، نشریه کارافن، ۱۸(۵۶)، ۳۴۵-۳۶۱.

دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان. (۱۳۹۹). مبحث ۱۹، صرفه‌جویی در مصرف انرژی. ویرایش ۴. تهران: نشر توسعه ایران.

زارع مهذبیه، آیدا، حیدری، شاهین، شاهچراغی، آزاده. (۱۳۹۸). بررسی کیفیت محیطی داخلی خانه‌های قاجاری شیراز با تاکید بر آسایش حرارتی و نور روز (نمونه موردی: خانه نعمتی). معماری اقلیم گرم و خشک، ۷(۱۰)، ۲۶۹-۲۹۱.

سعادت جو، پریا، سلیقه، الهام. (۱۴۰۰). نقش الگوی چیدمان بلوک‌های مجتمع مسکونی بر جریان باد فضای باز و نور روز دریافتی ساختمان‌ها؛ نمونه موردی: مجتمع‌های مسکونی شهر تهران. نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری‌های نوین معماری و شهرسازی، ۱۱(۳): ۹۲-۶۷.

شفوی مقدم، نسترن، تحصیلدوست، محمد، زمردیان، زهراسادات. (۱۳۹۸). بررسی کارایی شاخص های نور روز در ارزیابی کیفیت آسایش بصری کاربران (مطالعه ی موردی: فضاهای آموزشی دانشکده های معماری شهر تهران). مطالعات معماری ایران، ۸(۱۶)، ۲۰۵-۲۲۸.

شفیعی، مریم، فیاض، ریما، حیدری، شاهین. (۱۳۹۲). فرم مناسب ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران، نشریه انرژی ایران، ۱۶(۴): ۶۰-۴۷.

شیرزادنیا، زهرا، زرکش، افسانه. (۱۴۰۲). ازطراحی میراث صنعتی با رویکرد بهینه سازی بهره وری نور روز و آسایش بصری. نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی، ۱۳ (۲) :۱۰۴-۱۲۵.

شیری، توحید، دیده‌بان، محمد، تابان، محسن. (۱۳۹۸). تاثیر فرم بر میزان سایه‌اندازی و جذب حرارت در گنبد آب‌انبارهای یزد. پژوهش‌های معماری اسلامی، ۷(۴): صص: ۹۲-۷۵.

صادقی روش، محمد حسن، طباطبایی، سید مهدی. (۱۳۸۸). تعیین محدوده آسایش حرارتی در شرایط آب و هوای خشک (مطالعه موردی: شهر یزد)، فصلنامه هویت شهر، ۳(۴)، ۳۹.

صنایعیان، هانیه، غرابی، سیده فاطمه. (۱۳۹۸). مروری بر پارامترهای فرمی بلوک‌های شهری تأثیرگذار بر مصرف انرژی و جذب انرژی خورشیدی. معماری و شهرسازی پایدار، ۷(۲)، ۲۳-۳۶.

عادلی، سمیرا، ندیمی، هادی. (۱۳۹۹). مرزهای مفهومی فرم در معماری. باغ نظر، ۱۷(۸۹): ۵۵-۷۰.

عالمی، بابک، پوردیهیمی، شهرام، مشایخ فریدنی، سعید. (۱۳۹۵). مطالعات معماری ایران، ۵(۹): ۱۲۳-۱۴۰.

عفیفیان، مجید، کشمیری، هادی، مضطرزاده، حامد، زیاری، کرامت اله. (۱۴۰۲). ارتقاء کیفیت محیط فضای باز سالمندان در مجتمع‌های مسکونی شهر آینده با تاکید بر عناصر رویکرد بیوفیلیک. فصلنامه چشم انداز شهرهای آینده، ۴(۳): ۱۵-۴۱.

فدایی اردستانی، محمدعلی، ناصری مبارکی، حیدر، آیت‌اللهی، محمدرضا، زمردیان، زهراسادات. (۱۳۹۷). ارزیابی نور روز و خیرگی در کلاس‌های درس با استفاده از شاخص‌های پویا مطالعهٔ موردی: دانشکدهٔ معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی. صفه، ۲۸(۴)، ۲۵-۴۰.

فرخی، مریم، ایزدی، محمدسعید، کریمی‌مشاور، مهرداد. (۱۳۹۷). تحلیل کارایی انرژی در مدل‌های بافت شهری اقلیم گرم و خشک، نمونهٔ موردی: شهر اصفهان. مطالعات معماری ایران، ۷(۱۳)، ۱۴۷-۱۲۷.

قیابکلو، زهرا. (۱۳۸۰). روش‌های تخمین محدوده آسایش حرارتی. هنرهای زیبا. ۱۰: ۷۴-۶۸.

کسمائی، مرتضی. (۱۳۹۵). اقلیم و معماری (ویراست دوم). چاپ هشتم. اصفهان: نشر خاک، ۳۰۴ صفحه.

محمدی، امین، آیت اللهی، سید محمد حسین، موسوی، سید محمد. (۱۴۰۱). بهبود شاخص‌های استاندارد ملی ایران در ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان‌ها از طریق مقایسه آن با استاندارد LEED: بررسی موردی ساختمان‌های اداری شهر تهران. معماری اقلیم گرم و خشک، ۱۰(۱۶)، ۱۱۳-۱۲۹.

محمدی، فیروزه، مفیدی شمیرانی، سید مجید، طاهباز، منصوره. (۱۳۹۹). بررسی و تحلیل کارایی شاخص‌های پویای ارزیابی عملکرد نور روز (کفایت نور روز و روشنایی مفید نور روز) از طریق تحلیل حساسیت، مورد مطالعاتی: کلاس درس ابتدایی در تهران. معماری و شهرسازی آرمان شهر، ۱۳(۳۱)، ۱۴۵-۱۵۶.

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

مختاری، لیلا، مهدوی‌نژاد، محمدجواد، کریمی‌نیا، شهاب، کیان‌ارثی، منصوره. (۱۳۹۸). تاثیر فرم کلی و تراکم نسبی ساختمان های مسکونی تهران بر آلودگی ناشی از گرمایش در فصل زمستان. محیط‌شناسی، ۴۵(۲): صص: ۲۶۸-۲۵۳.

مداحی، مهدی، توانایی، فهیمه. (۱۳۹۸). بهینه سازی عملکرد حرارتی جداره های خارجی یک ساختمان مسکونی میان مرتبه در اقلیم سرد و خشک با بهره گیری از نرم افزار شبیه ساز انرژی (نمونه موردی: شهر مشهد)، فصلنامه مهندسی و مدیریت انرژی، ۹(۳)، ۱۰۸-۱۲۱.

منصوری کیوج، فرهاد، ضیابخش، ندا. (۱۴۰۲). ارزیابی نقش نورِ روز در ارتقاء سرزندگی و شادابی در مجموعه‌های آپارتمانی بلندمرتبه؛ (موردپژوهی: شهر تهران). فصلنامه مطالعات فضا و مکان، ۱(۳)، ۸۱-۹۰.

نجفی، سیدمحمدعلی، و نجفی، نجمه. (۱۳۹۱). بررسی آسایش حرارتی با استفاده از روش های PMV و PPD. مطالعات محیطی هفت حصار (هفت حصار)، ۱(۱)، ۶۱-۷۰.

Amasyali, K., & El-Gohary, N. M. (2016). Energy-related values and satisfaction levels of residential and office building occupants. Building and Environment, 95, 251–263.

Blanco, J. M., Buruaga, A., Rojí, E., Cuadrado, J., & Pelaz, B. (2016). Energy assessment and optimization of perforated metal sheet double skin façades through Design Builder; A case study in Spain. Energy and Buildings, 111, 326–336.

Catalina, Tiberiu., Virgone, Joseph., Iordache, Vlad. (2011). Study on the impact of the building form on the energy consumption. Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, 1726-1729.

Daemei, A. B., Limaki, A. K., & Safari, H. (2016). Opening Performance Simulation in Natural Ventilation Using Design Builder (Case Study: A Residential Home in Rasht). Energy Procedia, 100, 412–422.

Djongyang, N., Tchinda, R., & Njomo, D. (2010). Thermal comfort: A review paper. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(9), 2626–2640.

Eble-Hankins, M. L., & Waters, C. E. (2005). VCP and UGR Glare Evaluation Systems: A Look Back and a Way Forward. LEUKOS, 1(2), 7–38.

Jalali, Z., Noorzai, E., & Heidari, S. (2019). Design and optimization of form and façade of an office building using the genetic algorithm. Science and Technology for the Built Environment, 1–41,

Kasteren, Y. v., Champion, S., & Perimal-Lewis, L. (2019). Thermal comfort and physical activity in an office setting. Paper presented at the Proceedings of the Australasian Computer Science Week Multiconference, Sydney, NSW, Australia.

Li, D. H. and J. C. Lam. (2000). "Solar heat gain factors and the implications to building designs in subtropical regions." Energy and Buildings 32(1): 47-55.

Malek, A., & Talaei, A. (2023). A Comparative Study of Kinetic Facades of Office Buildings in Tehran Based on the Visual Comfort with (sDG) and (DGP) indices. Architectural Technologies Studies, 5(3): 85-102.

Martins, T. A. de L., Adolphe, L., Bastos, L. E. G., & Martins, M. A. de L. (2016). Sensitivity analysis of urban morphology factors regarding solar energy potential of buildings in a Brazilian tropical context. Solar Energy, 137, 11–24.

Marzouk, M., ElSharkawy, M., & Mahmoud, A. (2022). Optimizing daylight utilization of flat skylights in heritage buildings. Journal of Advanced Research, 37, 133-145.

Oh, M., & Kim, Y. (2019). Identifying urban geometric types as energy performance patterns. Energy for Sustainable Development, 48, 115–129.

Okeil, A. (2004). In search for energy efficient urban forms: the residential solar block. Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings Proceedings, Toronto, ON, Canada.

Panya, D. S., Kim, T., & Choo, S. (2020). A Methodology of Interactive Motion Facades Design through Parametric Strategies. Applied Sciences, 10(4), 1218.

Rashdi, W. S. S. W. M., & Embi, M. R. (2016). Analysing Optimum Building form in Relation to Lower Cooling Load. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 222, 782–790.

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]

Rathod, A. P. S., Mittal, P., Kumar, B. (2016). Analysis of factors affecting the solar radiation received by any region. International Conference on Emerging Trends in Communication Technologies (ETCT).

Sattrup, P. A. and J. Strømann-Andersen. (2013). "Building typologies in Northern European cities: Daylight, solar access, and building energy use." Journal of Architectural Planning Research 30: 56-76.

Taleb, S., Yeretzian, A., Jabr, R. A., & Hajj, H. (2019). Optimization of building form to reduce incident solar radiation. Journal of Building Engineering, 101025. Doi:10.1016/j.jobe.2019.101025.

Taleghani, M., et al. (2013). Energy use impact of and thermal comfort in different urban block types in the Netherlands. Energy and Buildings 67: 166-175.

Tibermacine, I. and N. Zemmouri .(2017). "Effects of building typology on energy consumption in hot and arid regions." Energy Procedia 139: 664-669.

Van Hoof, J. (2008). Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all? Indoor Air, 18(3), 182–201.

Wang, W., Rivard, H., & Zmeureanu, R. (2006). Floor shape optimization for green building design. Advanced Engineering Informatics, 20(4), 363–378.

Won, Chung Yeon., No, Sang Tae., Alhadidi, Qamar. (2019). Factors Affecting Energy Performance of Large-Scale Office Buildings: Analysis of Benchmarking Data from New York City and Chicago. Energies, 12(24), 4783. MDPI AG.

Yang, Y., & Wang, P. (2022, February). Effects of Building Physics Form on Energy Consumption for Buildings. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2186, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.

Yazhari Kermani, A., Nasrollahi, F., Mahdavinejad, M. (2018). Investigation of the relationship between depth of overhang and amount of daylight indicators in office buildings of Kerman city. Environmental health engineering and Management Journal, 5(3): 129-136.

Yeang, K. (2006). EcoDesign : A manual for ecological design. John Wiley & Sons.

Yu, Z., Fung, B. C. M., Haghighat, F., Yoshino, H., & Morofsky, E. (2011). A systematic procedure to study the influence of occupant behavior on building energy consumption. Energy and Buildings, 43(6), 1409–1417.

Zhang, Ji., Xu, Le., Shabunko, Veronika., Tay, Stephen En Rong., Sun, Huixuan., Lau, Stephen Siu Yu & Reindl, Thomas. (2019). "Impact of urban block typology on building solar potential and energy use efficiency in tropical high-density city." Applied Energy 240: 513-533.

Zhao, Q., Lian, Z., & Lai, D. (2020). Thermal Comfort models and their developments: A review. Energy and Built Environment.

[Downloaded from jvfc.ir on 2024-08-06]