نشریه مطالعات هنر اسلامی
www.sysislamicartjournal.ir

تبیین تأثیر فرم معماری بر بهره‌وری انرژی ساختمان‌های بلند مسکونی در اقلیم سرد و خشک
(نمونه موردی: شهر اردبیل)

عبدالعزیز ابراهیم‌زاده [1]، محمدرضا نیلفروشان [2*]

[1] دانشجوی دکتری معماری اسلامی، گروه آموزشی معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران. a.ebrahimzadeh@aui.ac.ir
[2*] (نویسنده مسئول) استادیار، گروه آموزشی معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران. mr.nilforoushan@aui.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی
شماره ۴۸
دوره ۱۹
صفحه ۰۷ الی ۲۴

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۰۹
تاریخ داوری: ۱۴۰۰/۰۹/۰۴
تاریخ صدور پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۲/۰۱

کلمات کلیدی

فرم معماری،
انرژی،
ساختمان‌های بلند مسکونی،
اقلیم سرد و خشک.

ارجاع به این مقاله

ابراهیم‌زاده، عبدالعزیز، نیلفروشان، محمدرضا. (۱۴۰۱). تبیین تأثیر فرم معماری بر بهره‌وری انرژی ساختمان‌های بلند مسکونی در اقلیم سرد و خشک (نمونه موردی: شهر اردبیل). مطالعات هنر اسلامی، ۱۹(۴۸)، ۷-۲۴.

dorl.net/dor/20.1001.1.17357008.1401.19.48.12.2

dx.doi.org/10.22034/IAS.2022.322259.1838

چکیده

فرم معماری ساختمان‌های بلند، موضوعی پر اهمیت در تحلیل‌های مربوط به افزایش بهره‌وری به‌شمار می‌رود. همواره تلاش شده است فرمی برای ساختمان‌های بلند طراحی شود که این فرم از بیشترین بهره‌وری انرژی برخوردار باشد، از این‌رو پژوهش حاضر، ضمن محاسبه زاویه تابش خورشید در تابستان و زمستان و میزان چرخش آن در پلان و مقطع، فرم بهینه را به‌گونه‌ای به‌دست می‌آورد که بیشترین مساحت را رو به خورشید در فصل زمستان و کمترین مساحت را رو به خورشید در فصل تابستان داشته باشد. روش تحقیق، کتابخانه‌ای و به روش تحلیلی- توصیفی است. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش شبیه‌سازی در نرم‌افزارهای اعتبارسنجی شده، استفاده می‌شود. به‌منظور شناخت شرایط اقلیمی از نرم‌افزار کلایمیت‌کانسالتنت جهت تحلیل اطلاعات اقلیمی شهر اردبیل و جهت شبیه‌سازی پارامترهای تأثیرگذار بر اهداف پژوهش، از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر استفاده شده است. در این پژوهش شهر اردبیل به‌عنوان نمونه مورد مطالعه انتخاب شده است. از این‌رو زاویه خورشید و آزیموت زمستانه و تابستان براساس نمونه اردبیل درنظر گرفته شده است. نتیجه اینکه با شناخت شاخص‌های فرم معماری مؤثر بر مصرف و بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های بلند مسکونی در اقلیم سردوخشک، می‌توان میزان کارایی انرژی را از نقطه‌نظر شاخص‌های کالبدی و محیطی تعیین کرد.

اهداف پژوهش:

۱. تبیین تأثیر فرم معماری ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی بر بهره‌وری انرژی با تکیه بر انرژی خورشیدی.
۲. راهکارهایی جهت افزایش میزان بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی.

سؤالات پژوهش:

۱. فرم معماری ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی چه تأثیری بر میزان بهره‌وری انرژی دارد؟
۲. میزان زاویه تابش خورشید در فصل تابستان و زمستان در طراحی و تحلیل سازه‌ها بلندمرتبه چه نقشی در بهروری دارد؟

** این مقاله برگرفته از رساله دکتری "نام و نام خانوادگی" با عنوان "تبیین تأثیر فرم معماری بر بهره‌وری انرژی ساختمان‌های بلند مسکونی در اقلیم سرد و خشک نمونه موردی: (شهر اردبیل)" است که به راهنمایی دکتر " محمدرضا نیلفروشان" در دانشگاه "هنر" واحد " اصفهان" ارائه شده است.

2676-7759/ © 2020 Islamic Art Press. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/)

مقدمه

امروزه پیامدهایی مانند تغییر اقلیم و گرم‌شدن کره زمین بر اثر انتشار بالای گازهای گلخانه‌ای سبب شده تا بهره‌وری انرژی از اجزای مهم تدابیر و برنامه‌ریزی‌ها در زمینه انرژی باشد. این مهم علاوه‌بر کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، افزایش امنیت عرضه انرژی را به دنبال خواهد داشت. از طرفی افزایش جمعیت در سال‌های اخیر، طراحی و ساخت برج‌های مسکونی را مورد توجه قرار داده است. ساختمان‌های بلند مصرف‌کنندگان بزرگ انرژی هستند. آن‌ها باتوجه‌به مقیاس و هدفشان عناصر غالب در معماری شهری بوده و باید به‌لحاظ طراحی انرژی کارا مورد بررسی قرار گیرند. بسیاری از معماران معتقدند، خطری که از جانب بلندمرتبه‌ها محیط‌زیست را تهدید می‌کند، به مراتب خطرناک‌تر از آلودگی هواست. ساختمان‌های بلندمرتبه که به‌منظور ایجاد توازن بین رشد جمعیت و فضای مورد نیاز ساخته می‌شوند، در مراحل ساخت و پس از آن در زندگی روزمره، مقدار قابل‌توجهی انرژی فسیلی مصرف کرده، همچنین باعث آلودگی محیط‌زیست شده‌اند و در مجموع ساکنان خود را از نور و هوای طبیعی محروم می‌کنند(یانگ،[۱] ۲۰۰۷). لذا کاربرد راهکارهای طراحی معماری در ساختمان‌های جدید و به‌خصوص ساختمان‌هایی مسکونی، با هدف کاهش انرژی مصرفی و آلودگی‌های زیست‌محیطی، ضروری است (نصراللهی و اکرمی‌ابرقویی، ۱۳۹۵).

ساختمان‌ها به‌عنوان رکن اساسی در فرآیند مصرف انرژی در حوزه شهری و انتشار گازهای گلخانه‌ای، در تعیین الگوهای مصرف انرژی مؤثر هستند. از این نظر، توجه به مسائل مربوط به آب‌وهوا و انرژی در حوزه ساختمان و شهر در تحقیقات اخیر، حائز اهمیت بوده است. در ایران نیز علی‌رغم قوانین مصوب و برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته و همچنین اهمیت اقتصاد مقاومتی حال حاضر، مصرف انرژی بیش از پنج برابر متوسط رشد مصرف در جهان است ساختمان‌های مسکونی ایران بزرگ‌ترین بخش از مصرف انرژی کشور را به خود اختصاص داده‌اند (حسینی[۲] و ریاض،[۳] ۲۰۱۱) اما کاهش مصرف انرژی در این بخش ساده‌تر و با سرمایه‌گذاری کمتری نسبت به بخش‌های دیگر قابل حصول است.

این پژوهش با ارائه روش تحقیق و مبانی نظری به یک‌سری اصول و مبانی دست خواهد یافت که با استفاده از استراتژی طراحی فرم ساختمان و مؤلفه‌های تأثیرگذار در فرم بنا به بهره‌وری بیش‌ازپیش ساختمان از انرژی‌های طبیعی دست پیدا کرده و تأثیر فرم ساختمان بر عملکرد انرژی و رفتار حرارتی ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی شهر اردبیل را در جهت بهره‌وری بیشتر انرژی با تکیه بر انرژی خورشیدی مشخص خواهد نمود، تا پیشنهادات،

۱ Yeang
۲ Hosseini
۳ Riaz

توصیه‌ها و راهکارهایی در طراحی ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی شهر اردبیل به‌منظور تصمیم‌گیری‌های طراحان و معماران ارائه نماید.

درخصوص پیشینهٔ تحقیقات انجام‌شده باید گفت تحقیق‌های گوناگونی صورت گرفته ازجمله: کازاناسماز و همکاران در نمونه پژوهشی که در شهر ازمیر ترکیه در سال ۲۰۱۴ انجام شده به بررسی عملکرد حرارتی ساختمان براساس فرم معماری پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داده که در حدود نیمی از تفاوت‌های مصرف انرژی در دو ساختمان کاملاً مشابه ازنظر سیستم‌های تأمین انرژی، متفاوت‌بودن فرم معماری آن‌ها بوده است. در این پژوهش، عوامل مرتبط با فرم که مستقیماً بر میزان مصرف انرژی اثرگذار هستند، نسبت سطح به حجم و جهت‌گیری بیان شده‌اند. احمدزاده و کردجمشیدی (۱۳۹۷)، در پژوهشی با عنوان «بررسی عوامل مؤثر در شکل‌گیری معماری پایدار با تأکید بر فرم بنا (نمونه موردی شهرستان سوادکوه)» فرم و جهت‌گیری مناسب ساختمان‌های مسکونی در منطقه سرد سوادکوه بررسی شده است. این پژوهش با فرض این مسئله که معماران بومی اصولی هم‌راستا با اهداف معماری پایدار به‌کار می‌برده‌اند به بررسی معماری بومی و اقلیمی منطقه مورد مطالعه با تأکید بر فرم پرداخته‌اند. بدین‌منظور سه نمونه فرم پرتکرار در معماری بومی شامل خطی، U و L شکل در نرم‌افزار شبیه‌سازی انرژی دیزاین بیلدر مدل و تحلیل انرژی شده است. در پژوهشی حبیب و همکاران (۱۳۹۳) به رتبه‌بندی پارامترهای مؤثر بر میزان نیاز انرژی ساختمان به کمک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی پرداخته‌اند. پارامترهای مورد بررسی در این پژوهش شامل تعداد ساکنین، مساحت ساختمان، تعداد طبقات، میزان همسایگی، نسبت سطح پنجره به دیوار، نسبت طول به عرض پلان و تعداد جبهه‌های آزاد ساختمان بوده است. در فرآیندی که در این پژوهش استفاده شده است به هر پارامتر یا راهکار بر اساس میزان اثرگذاری وزنی داده شده و درنهایت براساس آن، پارامترها رتبه‌بندی شده‌اند.

باتوجه‌به اینکه در زمینهٔ ارتباط میان طراحی معماری، اجزای ساختمان‌های مسکونی و بهره‌وری انرژی، تحقیقات متعددی صورت گرفته، لذا در این مقاله جهت متراکم‌سازی واحدهای مسکونی در شهر اردبیل و به‌تبع آن بلندمرتبه‌سازی تلاش بر آن بوده تا بررسی و تحلیل تأثیر ویژگی‌های فرم ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی آن‌ها، نه در مقیاس واحدهای کوچک بلکه در مقیاس بلندمرتبه‌سازی ساختمان‌های مسکونی اردبیل انجام شود.

همچنین مطالعه پژوهش‌های پیشین مؤید این نکته است که جهت بهره‌وری انرژی در ساختمان با روش‌های غیرفعال به هندسهٔ بنا در مقیاس اجز (چیدمان فضاها و چگونگی قرارگیری فضا ب اساس مدل‌های تابش خورشید)پرداخته شده است. این درحالیست که پژوهش پیش رو به مقیاس جز و کل در ارتباط با یکدی (بررسی تأثیرات متقابل این دو بر یکدیگر) در جهت حل موارد متضاد با «طراحی جامع انرژی» پرداخته است و تحصیل فرم مطلوب جهت بهره‌وری انرژی از نتایج این پژوهش خواهد بود. در حیطه اجرائی در زمان حاضر، عملاً کاربرد شبیه‌سازی ساختمان در پروژه‌های جاری ساختمانی، بیشتر به محاسبه بارهای حرارتی جهت انتخاب ابعاد تجهیزات مکانیکی و تأسیساتی محدودشده است. درحالی‌که تصمیمات طراحی در مراحل آغازین خود، در میزان صرفه‌جویی انرژی مصرفی

ساختمان، بسیار تأثیرگذار است؛ لیکن فناوری شبیه‌سازی انرژی بندرت در گام‌های اولیه فرآیند طراحی نظیر مطالعات امکان‌سنجی و یا ارزیابی ایده‌های طرح، مورد استفاده قرار می‌گیرد. ذا پژوهش حاضر به سبب محاسبه بارهای حرارتی و بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های بلند مسکونی در مرحله طراحی معماری، دارای اهمیت خاص و ویژه‌ای هست.

پژوهش حاضر به مطالعه اسناد کتابخانه‌ای به روش تحلیلی- توصیفی پرداخته شده است. درنتیجه پارامترهای زیرمجموعه فرم معماری و اهداف عملکردی پژوهش تعیین و به‌منظور پیشبرد بخش اصلی پژوهش و دستیابی به فرم بهینه به‌لحاظ کارایی انرژی در ساختمان‌های بلندمرتبه اقلیم سردوخشک، از روش تحلیلی توسط شبیه‌سازی در نرم‌افزارهای اعتبارسنجی شده استفاده می‌شود. در این بخش به‌منظور شناخت شرایط اقلیمی از نرم‌افزار کلایمیت‌کانسالتنت جهت تحلیل اطلاعات اقلیمی شهر اردبیل و جهت شبیه‌سازی پارامترهای تأثیرگذار بر اهداف پژوهش از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر استفاده شده است.

جهت انجام فرآیند شبیه‌سازی فرم معماری، در ابتدا یک نمونه پلان مسکونی که به‌لحاظ چیدمان فضاهای داخلی بهینه است تعیین و در تناسبات متعدد ترسیم می‌گردد. در پلان تعیین شده مساحت کل حفظ شده و تناسبات طول و عرض پلان تغییر می‌نماید. پارامتر دوم مورد بررسی تعیین ارتفاع مناسب برای یک طبقه است. در این مرحله نسبت سطح به حجم هر طبقه برای پلان‌های تعیین شده به‌دست می‌آید. در این مرحله دو پارامتر جهت‌گیری و نسبت سطح پنجره به دیوار نیز بهینه‌یابی می‌گردد. پس از تعیین فرم بهینه یک طبقه از ساختمان با افزایش تعداد طبقات به بهینه‌سازی نسبت سطح به حجم کل ساختمان پرداخته می‌شود و در نهایت جهت دستیابی به فرم بهینه ساختمان بلندمرتبه، جهت‌گیری مجدد بررسی می‌گردد. سپس به چیدمان فرم‌های بهینه به‌دست آمده نسبت به هم در بافت شهری پرداخته شده است تا در صورت نیاز ارتفاع و جهت‌گیری ساختمان‌ها جهت ایجاد بافت بهینه و رعایت حق آفتاب تمامی مجموعه‌ها در حد ممکن تغییر یابد. لذا در این بخش مجدداً تعداد طبقات و جهت‌گیری ساختمان‌ها مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

همچنین به‌منظور ارزیابی میزان دستیابی به اهداف عملکردی پژوهش شامل کاهش نیاز انرژی گرمایشی و سرمایشی، همچنین افزایش آسایش حرارتی کاربران در فضاهای مسکونی اقلیم سردوخشک اردبیل از کد مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ایران (ویرایش ۱۳۹۸) و استاندارد ۱۴۲۵۳ تحت عنوان ساختمان‌های مسکونی- تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۰) استفاده می‌شود.

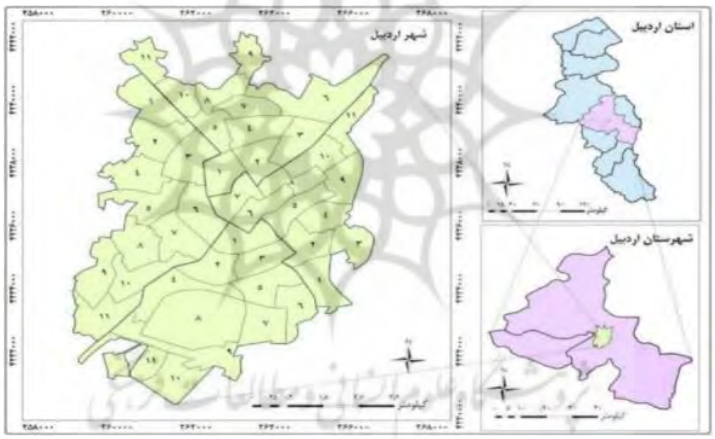
این مبحث داشتن سه ویژگی زیر را برای نرم‌افزارهای معتبر الزامی می‌داند:

- امکان تعریف حداقل ۱۰ منطقه حرارتی به‌صورت جداگانه در نرم‌افزار؛
- امکان ارزیابی عملکرد انرژی ساختمان به‌صورت ساعتی، روزانه، ماهانه و سالانه؛
- دارا بودن قابلیت دریافت داده‌های اقلیمی به‌صورت ساعتی و در قالب فرمت‌های متداول نظیر tmy و epw

نرم‌افزار مورد اســـتفاده در پژوهش حاضـــر، نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر بوده که دارای قابلیت دریافت فایل اطلاعات اقلیمی ساعتی با فرمت epw است. این نرم‌افزار همچنین می‌تواند عملکرد حرارتی ساختمان را به‌صورت بازه‌های ساعتی، روزانه، ماهانه و سالانه ارزیابی نماید.

۱. محدوده پژوهش شهر اردبیل

شـهر اردبیل به‌عنوان مرکز اسـتان اردبیل واقع در شـمال غرب ایران، در ۳۸.۱۱ تا ۳۸.۱۸ عرض شـمالی و ۴۸.۱۴ تا ۴۸.۲۰ طول شرقی و ارتفاع متوسط ۱۴۰۰ متر از سطح دریا واقع‌شده است. براساس آمار شهرداری اردبیل در سال ۱۳۹۵،این شـهر دارای ۴۹۶۹۷۳ نفر جمعیت و ۶۲۷۱ هکتار مسـاحت اسـت. (مطابق سـایت رسـمی مرکز آمار ایران مرکز آمار ایران ۳۷۴ ۵۲۹ نفر هسـت) به‌منظور انتخاب محل احداث سـاختمان‌های بلندمرتبه در شـهر اردبیل، از پژوهش انجام‌شده توسط محمدی و همکاران (۱۳۹۶) با عنوان «شـناسـایی پهنه‌های مناسـب احداث سـاختمان‌های بلندمرتبه شـهری» که در شـهر اردبیل بررسـی شـده اسـتفاده می‌گردد. براساس این پژوهش پهنه‌های شـرقی، غربی و شمال شرقی شهر از قابلیت مناسبی جهت احداث ساختمان‌های بلندمرتبه برخوردارند.



تصویر شماره۱- نمایی از محدودهٔ جغرافیایی موردنظر در پژوهش حاضر. منبع: (نگارنده)

دلایل انتخاب چهار نقطه: انتخاب چهار نقطه که در تصویر شماره ۱ مشخص شده : دارای کاربری متناسب، نزدیک به مراکز با تراکم جمعیت زیاد، فاصـــله زیاد از بافت تاریخی و نزدیک به شـــبکه‌های ارتباطی هســـتند. همچنین در مناطقی هستند که قیمت زمین در آن نسبت به سایر سایت‌ها کمتر است.

۳. یافته‌های پژوهش

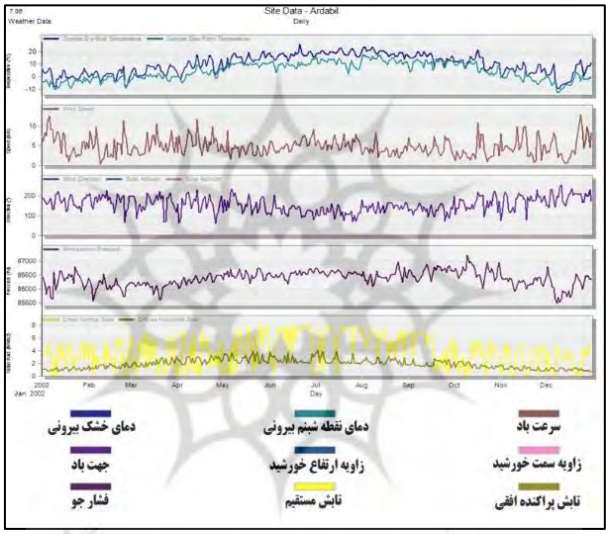
۳-۱. تحلیل اقلیم

به‌منظور تحلیل اطلاعات اقلیمی و بهره‌گیری در ابزارهای تحلیل و شـــبیه‌ســـازی انرژی نیاز به داده‌های ســـاعتی آب‌وهوایی شـــهر مورد بررســـی اســـت. لـذا داده‌هـای اقلیمی شـــهر اردبیـل بـا فرمـت EPW کـه در

سایت‌اینترنتی"climate.onebuilding.org" از منابع معتبر و تحت حمایت ایستگاه‌های هواشناسی آمریکا موجود بوده، دریافت شده است.

داده‌های هواشناسی سینوپتیک وضعیت زیست‌اقلیمی شهر اردبیل حاکی از آن است که براساس شاخص اولگی حدود ۵۳.۷۷ درصد از مواقع سال هوا کاملاً سرد هست و تنها ۱۱.۹ درصد از مواقع سال در سایه آسایش نسبی حاصل می‌گردد.

حدود ۳۴.۴ درصد از مواقع نیز با بهره‌گیری از تابش آفتاب می‌توان شرایط مناسبی را در اردبیل فراهم کرد (پایگاه اطلاع‌رسانی اداره کل هواشناسی استان اردبیل)؛ این بدان معنی است که تابش انرژی خورشیدی در حدود یک‌سوم از مواقع سال می‌تواند در روند تغییرات دمایی ساختمان‌ها تأثیرگذار باشد.



تصویر۲- داده‌های هواشناسی سینوپتیک وضعیت زیست‌اقلیمی شهر اردبیل. منبع: (پایگاه اطلاع‌رسانی اداره کل هواشناسی استان اردبیل)

۱-۱-۳. دمای خشک

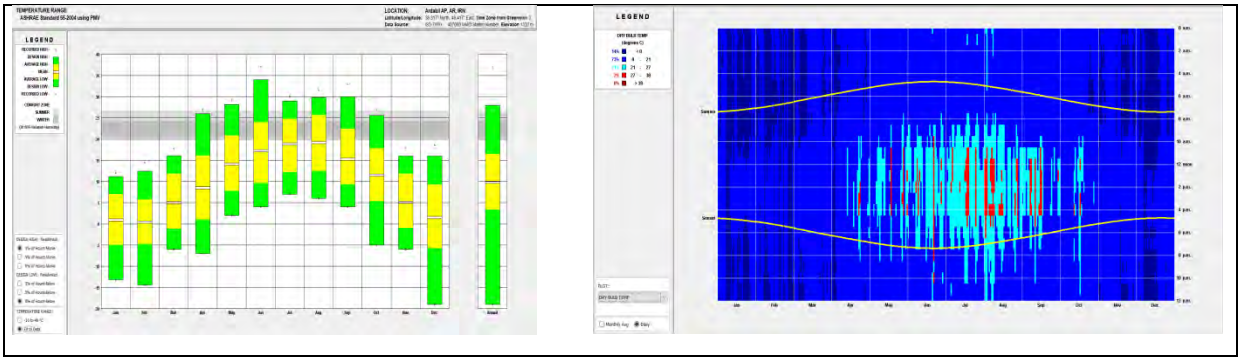
میانگین دمای سالانه حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد بوده که تا سطح آسایش فاصله بسیاری دارد.

در ماه‌های تابستانی شرایط آسایش تا حدی فراهم شده است.

۲-۱-۳. تقویم زمانی دما

دما در اردبیل در غالب زمان‌ها زیر ۲۱ درجه سانتی‌گراد بوده که در ماه‌های بسیار سرد آذر، دی و بهمن به زیر صفر می‌رسد. بالاترین دماها در این شهر در بعدازظهر ماه‌های تابستانی و تا حدودی مهر، اردیبهشت و خرداد اتفاق می‌افتد که آن‌ها غالباً بین ۲۱ تا ۲۷ درجه است. در زمان‌های بسیار ناچیزی شاهد دمای بیش از ۲۷ درجه هستیم.

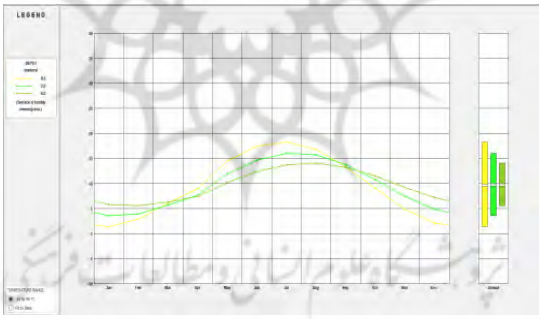
تحلیل اطلاعات اقلیمی در این پژوهش به کمک نرم‌افزار «کلایمیت کانسالتنت»[۱] انجام گردیده است. در این راستا از میان مدل‌های آسایش حرارتی موجود و پیش‌فرض نرم‌افزار، به دلیل نزدیک بودن شرایط آسایش حرارتی بیشتر به ایران، مدل اشری ۵۵ در روند اطلاعات ورودی نرم‌افزار انتخاب شده است.



تصویر۳- تحلیل اطلاعات اقلیمی در این پژوهش به کمک نرم‌افزار «کلایمیت کانسالتنت. منبع: (نگارنده)

۳-۱-۳. دمای زمین

هرچه از سطح زمین به سمت پایین حرکت کنیم دما پایدارتر می‌شود. همان‌طورکه در نمودار زیر نیز نشان می‌دهد دما در عمق چهار متر نسبت به تغییرات دمایی در عمق نیم متر و دو متر، دارای نوسان کمتری است.



ماه	ژانویه	فوریه	مارچ	اپریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
متوسط دمای خاک (°C)	۱۷.۸۴	۱۷.۵۷	۱۷.۵۶	۱۹.۱۴	۱۹.۴۹	۱۹.۵۸	۲۱.۱۷	۲۱.۴۷	۲۱.۴۷	۲۱.۴۲	۱۹.۸۰	۱۹.۴۵

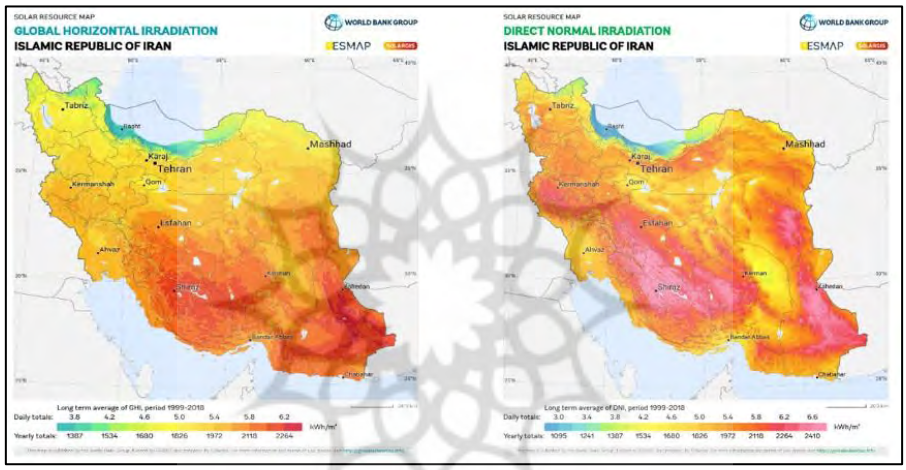
تصویر۴-متوسط دمای خاک در ماه‌های مختلف توسط نرم‌افزار انرژی پلاس. (منبع: نگارنده)

جهت بررسی دقیق‌تر اثرگذاری این پارامتر، متوسط دمای خاک در ماه‌های مختلف توسط نرم‌افزار انرژی پلاس از فایل اقلیمی مورد استفاده استخراج گردیده است تا موجب افزایش دقت در تحلیل‌های اقلیمی گردد و هم شبیه‌سازی نرم‌افزاری انرژی ساختمان در محیط واقعی‌تری اتفاق افتد.

۱ Climate Consultant

۴-۱-۳. میزان تابش

نقشه‌های بالا نشان‌دهنده میزان تابش دریافتی توسط سطح افق و مستقیم است. تابش دریافتی توسط سطح افق میزان تابش دریافتی به سه طریق مستقیم، پراکنده و بازتاب شده از سطح زمین را توسط یک سطح افقی نشان می‌دهد. همان‌گونه‌که مشخص است شهر اردبیل در قسمتی قرار گرفته که نسبت به سایر نقاط مرکزی ایران تابش کمتری دریافت می‌کند؛ با این وجود، نسبت به متوسط جهانی در سطح بالایی قرار دارد. براساس نقشه‌های زیر که توسط بانک جهانی تهیه شده و بر روی سایت اینترنتی solar GIS موجود است، میزان تابش دریافتی توسط سطح افق دراین شهر در حدود ۱۶۸۰ تا ۱۸۲۶ کیلووات ساعت بر مترمربع و تابش مستقیم دریافتی آن در حدود ۱۸۲۶ تا ۱۹۷۲ کیلووات ساعت بر مترمربع (سالانه) می‌باشد.

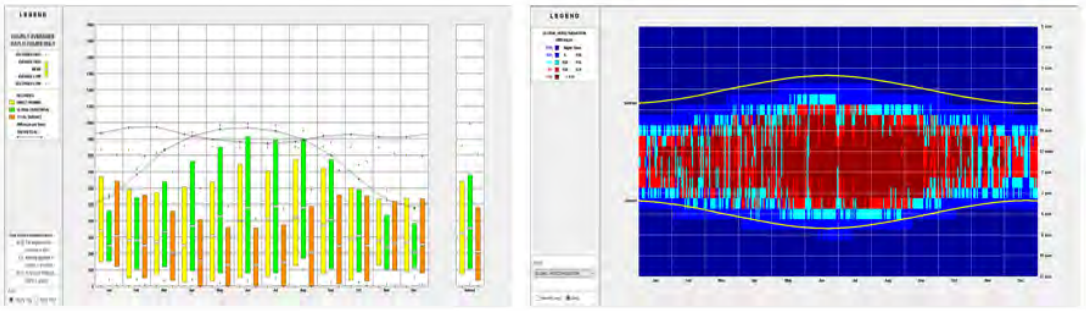


تصویر۵- براساس نقشه‌های زیر که توسط بانک جهانی تهیه شده دربارهٔ میزان تابش دریافتی در سطح افق (منبع: سایت اینترنتی solar GIS)

۱-۴-۱-۳. تقویم زمانی میزان تابش دریافتی

۱. میزان تابش دریافتی

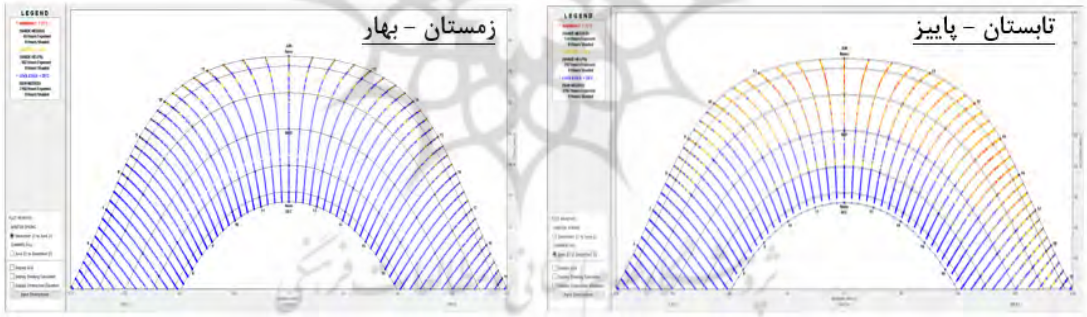
متوسط میزان تابش دریافتی توسط سطح افق (سبزرنگ) حدود ۳۵۰ واتساعت بر مترمربع به ازای ساعت است که در طول ماه‌ها تابستان به اوج خود می‌رسد. متوسط میانگین تابش مستقیم (زردرنگ) دریافتی حدود ۳۲۰ واتساعت بر مترمربع به ازای ساعت است. میانگین مجموع تابش دریافتی توسط سطح عمودی به سمت جنوب حدود ۲۰۰ حدود ۳۲۰ واتساعت بر مترمربع به ازای ساعت است که در طول ماه‌های تابستانی کمتر شده و در ماه‌های سرد زمستانی افزایش می‌یابد.



تصویر٦- متوسط میزان تابش دریافتی توسط سطح افق (سبزرنگ). (منبع: نگارنده)

۲. نیاز سایه آفتاب

براساس این نمودارها در دماهای پایین‌تر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد جهت دریافت تابش خورشید به سایبان نیاز نیست که تقریباً تمامی زمستان، فروردین و اردیبهشت و ماه‌های پاییزی را شامل می‌شود. در دماهای بین ۲۰ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد بهره‌گیری از سایبان به تأمین آسایش حرارتی در فضاهای داخلی کمک می‌کند که تا حدودی در اردیبهشت، خرداد و ماه‌های تابستانی دیده می‌شود. دماهای بالاتر از ۲۷ درجه سانتی‌گراد به‌ندرت در این شهر اتفاق می‌افتد لذا بهره‌گیری از سایبان در برخی مواقع تابستانی لازم هست.

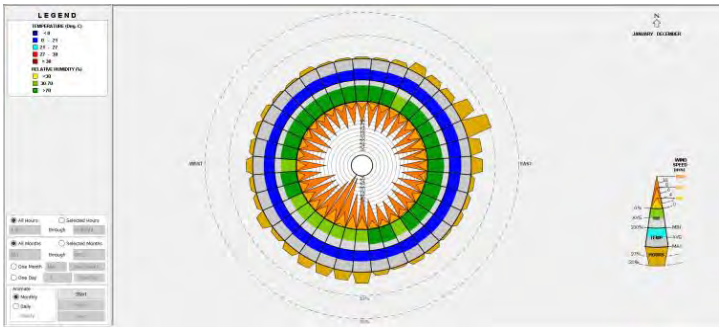


تصویر۷- نمودار تابش خورشید در تمام فصول سال. منبع: (نگارنده)

۵-۱-۳. گلباد

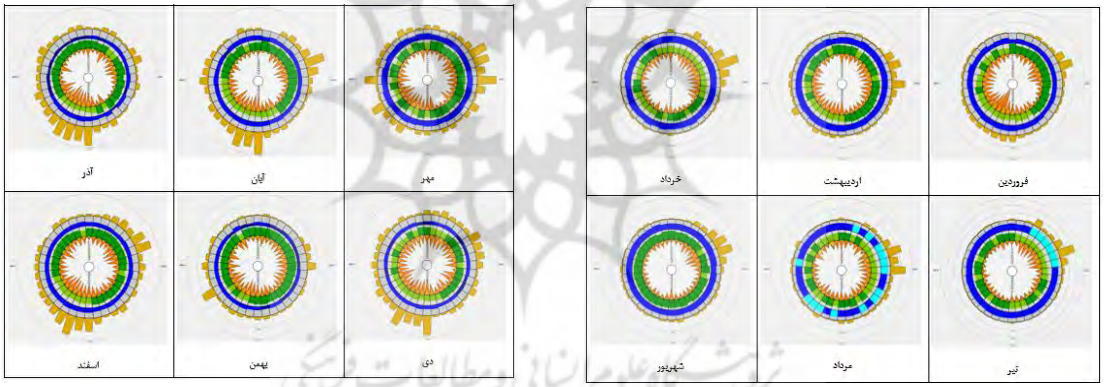
گلباد سالیانه شهر اردبیل که از اطلاعات اقلیمی این شهر به‌دست آمده است نشان‌دهنده سرعت، جهت، دما و میزان رطوبت همراه با باد در طول یک سال است. براساس این نمودار، باد غالب از سمت شمال شرق می‌وزد و بیشترین سرعت باد مربوط به بادهای وزیده شده از سمت جنوب غرب است.

غالباً تمامی بادهای وزیده شده دارای دمایی بین صفر تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد و دارای بیش از ۷۰ درصد رطوبت بوده و بادهای وزیده شده از سمت جنوب غرب دارای رطوبت کمتر (۳۰ تا ۷۰ درصد) هستند.



تصویر۸- نمودارگلباد سالیانه شهر اردبیل. منبع: (نگارنده)

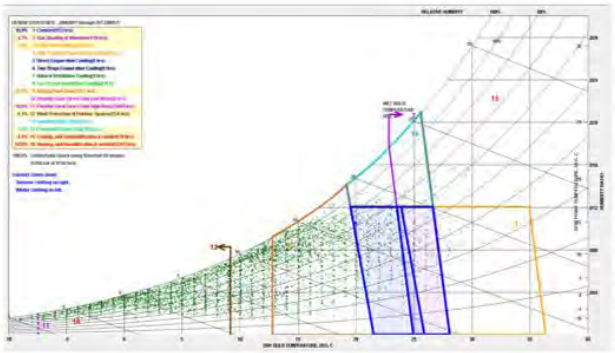
جهت تحلیل بهتر و دقیق‌تر بادهای وزیده شـــده در اردبیل، در ادامه گلبادهای ماهانه آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. همان‌گونه‌که مشخص است در فصل بهار باد غالب از سمت شمال شرق و شرق می‌وزد که دمای آن بین صفر تا ۲۱ درجه بوده و رطوبتی بیش از ۳۰ درصد دارد. در ماه‌های تیر و مرداد دمای این باد بیشتر شده و شامل دماهای بین ۲۱ تا ۲۷ درجه اســت. در شــهریورماه مجدد دمای آن کاهش می‌یابد. از ماه مهر بادهای ســرد جنوب و جنوب غربی آغاز می‌گردد. این بادها دارای سرعت زیاد، رطوبت کم و دمای زیر ۲۱ درجه است.



تصویر۹- نمودارگلباد ماهیانه شهر اردبیل. منبع: (نگارنده)

۶-۱-۳. سایکرومتریک

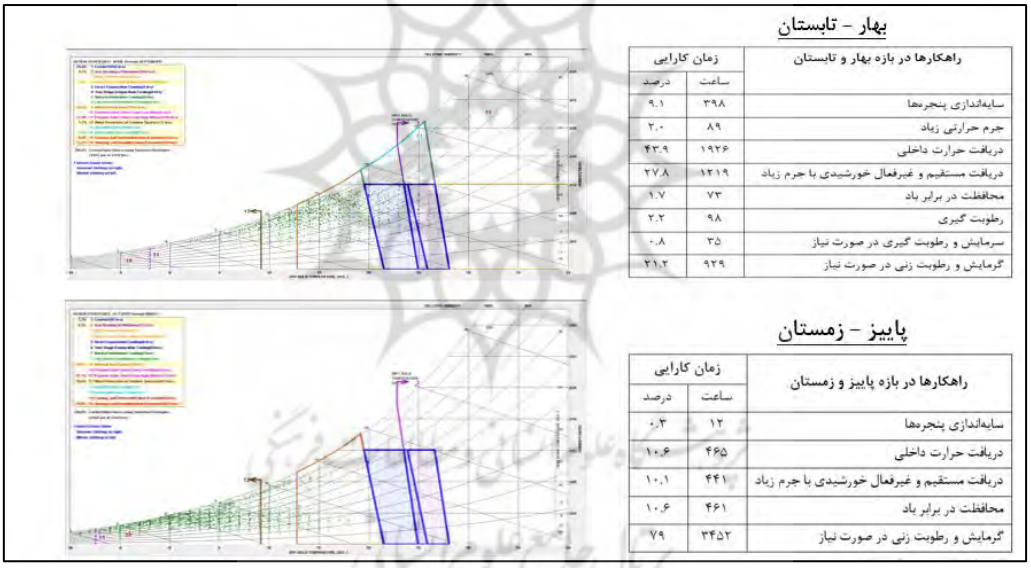
نمودار سایکرومتریک شهر اردبیل که براساس اطلاعات اقلیمی این شهر تهیه شده است، نشان‌دهنده پراکندگی دما و رطوبت این شهر طی ماه‌های مختلف سال هست.



راهکارها در بازه سالانه	زمان کارایی	
	ساعت	درصد
سایه‌اندازی پنجره‌ها	۴۱۰	۴.۷
جرم حرارتی زیاد	۸۵	۱.۰
دریافت حرارت داخلی	۲۳۹۱	۲۷.۳
دریافت مستقیم و غیرفعال خورشیدی با جرم زیاد	۱۶۶۰	۱۸.۹
محافظت در برابر باد	۵۳۴	۶.۱
رطوبت گیری	۱۰۰	۱.۱
سرمایش و رطوبت گیری در صورت نیاز	۳۹	۰.۴
گرمایش و رطوبت زنی در صورت نیاز	۴۳۸۱	۵۰

تصویر ۱۰- نمودار سایکرومتریک شهر اردبیل. منبع: (نگارنده)

طبق نمودار سایکرومتریک، دما بسیار پایین و رطوبت نسبی بالا است. پراکندگی دما از حدود ۱۰- تا حدود ۲۷ درجه وجود دارد و بعضاً دماهایی تا ۳۰ درجه هم دیده می‌شود. نمودار سایکرومتریک براساس شرایط اقلیمی این شهر راهکارهای فعال و غیرفعالی پیشنهاد کرده است.



بهار - تابستان

راهکارها در بازه بهار و تابستان	زمان کارایی	
	ساعت	درصد
سایه‌اندازی پنجره‌ها	۳۹۸	۹.۱
جرم حرارتی زیاد	۸۹	۲.۰
دریافت حرارت داخلی	۱۹۲۶	۴۳.۹
دریافت مستقیم و غیرفعال خورشیدی با جرم زیاد	۱۲۱۹	۲۷.۸
محافظت در برابر باد	۷۳	۱.۷
رطوبت گیری	۹۸	۲.۲
سرمایش و رطوبت گیری در صورت نیاز	۳۵	۰.۸
گرمایش و رطوبت زنی در صورت نیاز	۹۲۹	۲۱.۲

پاییز - زمستان

راهکارها در بازه پاییز و زمستان	زمان کارایی	
	ساعت	درصد
سایه‌اندازی پنجره‌ها	۱۲	۰.۳
دریافت حرارت داخلی	۴۶۵	۱۰.۶
دریافت مستقیم و غیرفعال خورشیدی با جرم زیاد	۴۴۱	۱۰.۱
محافظت در برابر باد	۴۶۱	۱۰.۶
گرمایش و رطوبت زنی در صورت نیاز	۳۴۵۲	۷۹

تصویر ۱۱- نمودار سایکرومتریک شهر اردبیل. منبع: (نگارنده)

۲-۳. اصول کلی و توصیه‌ها در زمینه طراحی ساختمان

طراحی معماری ساختمان باید حتی‌الامکان سازگار با اقلیم باشد، تا ساختمان از شرایط و امکان‌های مطلوب طبیعی بهره‌گیری نماید و در برابر شرایط نامطلوب اقلیمی محافظت گردد. این رویکرد در طراحی معماری ساختمان موجب می‌شود تا مقدار انرژی مورد نیاز برای تأمین شرایط آسایش حرارتی به حداقل برسد و بخشی از آن، از طریق طبیعی و در اکثر موارد با استفاده از سیستم‌های غیرفعال، تأمین شود. علاوه‌بر عایق‌کاری حرارتی، برخی از تدابیر مؤثر در بهره‌گیری از انرژی‌های طبیعی در ساختمان عبارت‌اند از:

- جهت‌گیری ساختمان
- حجم و فرم کلی ساختمان
- جانمایی فضاهای داخلی
- جدارهای نورگذر
- سایبان‌ها
- اینرسی حرارتی جدارها
- تهویهٔ طبیعی (مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان).

۱-۲-۳. پوسته ساختمان

پوستهٔ خارجی:[۱] تمام سطوح پیرامونی ساختمان، اعم از دیوارها، سقف‌ها، کف‌ها، بازشوها، سطوح نورگذر و مانند آن‌ها، که از یک‌طرف با فضای خارج یا فضای کنترل نشده است؛ از طرف دیگر با فضای کنترل‌شده داخل ساختمان در ارتباط هستند. پوستهٔ خارجی در تمام موارد الزاماً با پوسته کالبدی ساختمان یکی نیست، زیرا پوستهٔ کالبدی ممکن است دربرگیرندهٔ فضاهای کنترل نشده نیز باشد. پوستهٔ خارجی ساختمان همچنین شامل عناصری است که، در وجه خارجی خود، مجاور خاک و زمین هستند.

پوستهٔ کالبدی:[۲] تمام سطوح پیرامونی ساختمان، اعم از دیوار، سقف، کف، بازشو و مانند آن‌ها، که ازیک‌طرف با فضای خارج و از طرف دیگر با فضای کنترل‌شده یا فضای کنترل نشده در ارتباط هستند (مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان)

۳-۳. حجم و فرم کلی ساختمان

در انتقال انرژی حرارتی بسیار مؤثر است. هر قدر نسبت سطح پوستهٔ خارجی ساختمان به زیربنای آن کمتر باشد، انتقال حرارت ساختمان نیز کمتر خواهد بود. توصیه می‌شود در مناطق با نیاز انرژی زیاد ساختمان به‌صورت متراکم طراحی شود و از مقدار سطح پوستهٔ خارجی نسبت به سطح زیربنای آن کاسته گردد هستند (مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان).

رشد ناگهانی شهرهای ایران از سال‌های آغاز قرن حاضر، باعث انقطاع روند تغییرات با ورود واژگانی جدید همچون آپارتمان همراه بود که تغییرات شگرفی بر الگوی مسکن در شهرهای ایران گذاشت (عزیزی و ملک محمدنژاد، ۱۳۸۶: ۳۰). با مطرح‌شدن موضوع مرتبه‌سازی، این مقوله کم‌وبیش در طرح‌ها، برنامه‌ها و سیاست‌های اجرایی کشورهای مختلف ازجمله ایران مورد توجه قرار گرفت که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

---

۱ Building envelope
۲ Physical envelope

نتیجه‌گیری

فرم معماری و تناسبات زوایای ساختمان نقش مؤثری بر میزان مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری در ساختمان‌ها دارند. هدف از پژوهش حاضر با هدف اصلی تبیین تأثیر فرم معماری بر بهره‌وری انرژی ساختمان‌های بلند مسکونی در اقلیم سرد و خشک شهر اردبیل است تا اصولی را به منظور تصمیم گیری‌هایی در محاسبات طراحان و معماران ارائه نماید. اهداف عملکردی و پارامترهای مورد بررسی به شرح زیر تعیین شده است:

راهکارهای پیشنهادی سایکرومتریک شهر اردبیل:

- اهداف عملکردی:

کاهش مصرف انرژی در بخش سرمایش و گرمایش و افزایش آسایش حرارتی در فضاهای داخلی.

- پارامترهای مورد بررسی:

- فرم، نسبت طول به عرض پلان، ارتفاع یک طبقه، حجم و تناسبات کشیدگی و فشردگی آن، جهت‌گیری، نسبت سطح پنجره به دیوار، تعداد طبقات، همسایگی و بافت اطراف؛
- به‌منظور بهره‌گیری از پارامترهای تأثیرگذار بر تبیین فرم بهینه جهت دستیابی اهداف عملکردی از شبیه‌سازی در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر استفاده شده است.
- قرارگیری طویل‌ترین دیوار ساختمان به سمت جنوب بوده تا بیش‌ترین گرما را در زمستان و کم‌ترین را در تابستان جذب نماید؛
- چرخش به سمت غرب تا حدود ۳۰ درجه نیز مطلوب است.

راهکارهای به‌منظور حفظ گرما در داخل ساختمان: در زمین‌های شیب‌دار، ساختمان در قسمت میانی شیب قرار گرفته و از ساخت در زمین‌های روبه شمال پرهیز شود.

- استفاده از فرم‌های فشرده با کم‌ترین نسبت سطح به حجم؛
- به حداقل رساندن سطح بازشوها در تمامی جبهه‌ها به‌جز جبهه جنوب؛
- استفاده از پنجره‌های دو یا سه جداره و بهره‌گیری از عایق‌های حرارتی خارجی بر روی آن‌ها؛
- استفاده از دو در برای ورود به فضای داخلی ساختمان؛
- پرهیز از ایجاد پل‌های حرارتی.

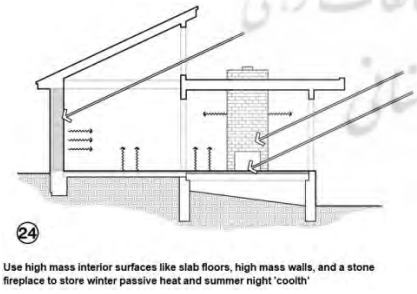
راهکارهای جهت فراهم کردن شرایط نفوذ تابش خورشید به داخل ساختمان:

- ساخت در زمین‌های تخت؛
- عدم قرار دادن ساختمان در محل‌های سایه‌اندازی شده؛

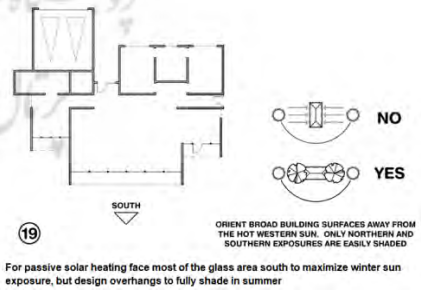
- عدم کاشت درختان همیشه‌سبز در ضلع جنوبی ساختمان؛
- کشیدگی شرقی غربی ساختمان و بهره‌گیری از پنجره‌های جنوبی و پنجره‌های سقفی رو به جنوب؛
- قرار دادن فضاهای اصلی ساختمان در قسمت جنوبی و بهره‌گیری از پلان‌های باز جهت نفوذ نور طبیعی بیش‌تر به داخل ساختمان؛
- فرم کلی بنا در این اقلیم به‌صورت درون‌گرا؛
- فضاهایی با ارتفاع کم؛
- بام‌های غالباً مسطح؛
- بازشوهای کوچک؛
- ایوان‌های کوچک؛
- دیوارهای نسبتاً قطور.

راهکارهای ساختمان‌های خورشیدی: ساخت ساختمان‌های خورشیدی نیز در اقلیم سرد و خشک جوابگوی اقلیم هست. در ساختمان‌های خورشیدی توجه ویژه‌ای بر دیوارهای جنوبی شده و حرارت موردنیاز ساختمان از انرژی خورشیدی تأمین می‌گردد. به‌طورکلی این ساختمان‌ها در طول روز انرژی خورشیدی را دریافت و در انباره‌های حرارتی مانند مخازن آب، جرم‌های حرارتی با ظرفیت جذب خوب ذخیره می‌نمایند. در طی شب که دما کاهش می‌یابد حرارت ذخیره‌شده در آن‌ها کم‌کم به محیط داخلی منتقل می‌گردد. همچنین پس از تحلیل اقلیم شهر اردبیل در نرم‌افزار کلایمیت کانسالتنت که در بخش مربوط به آن به‌تفصیل ارائه شده، این نرم‌افزار راهکارهایی را جهت طراحی در این اقلیم ارائه داده است که به شرح تصویر در ادامه آمده است.

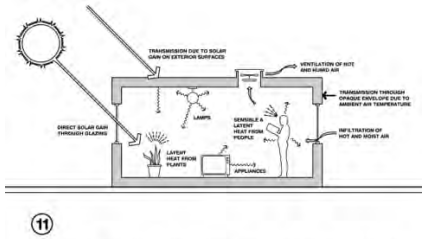
جدول ۱: راهکارهای طراحی در اقلیم شهر اردبیل (Climate Consultant)



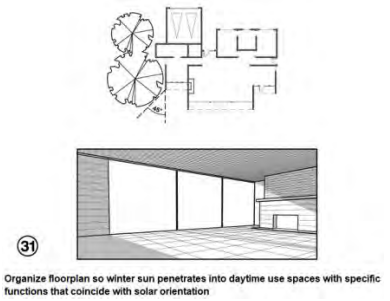
استفاده از جرم حرارتی در کف و دیوارها



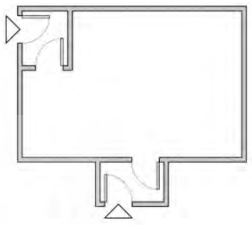
جهت‌گیری جنوبی و کشیدگی شرقی-غربی



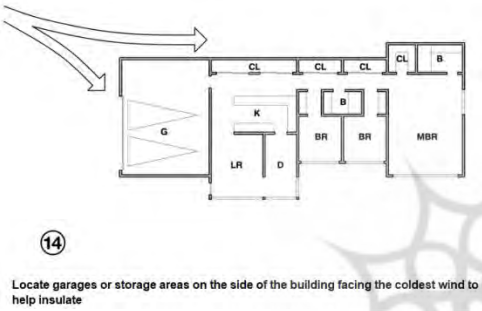
دریافت حرارت از منابع داخلی، عایق‌کاری جداره‌ها برای حفظ حرارت در داخل



بهره‌گیری از نفوذ نور خورشید در زمستان



استفاده از پیش فضای ورودی



چیدمان فضاهای کم‌کاربرد در قسمت‌هایی از پلان که در معرض باد سرد است.

راهکارهای عملکرد حرارتی ساختمان؛ ازجمله پارامترهای حرارتی که بر بار حرارتی ساختمان اثرگذارند:

- دریافت تابش مستقیم که غالباً از طریق سطوح نورگذر پوسته ساختمان صورت می‌گیرد.
- دریافت از طریق پوسته که شامل حرارت دریافتی از دیوارها، سقف، کف، پنجره و سایر اجزای پوسته است.
- دریافت از طریق تهویه و نشت ناخواسته هوا که ناشی از تعویض هوای داخل و خارج و نشت از طریق درزها و شکاف‌های پوسته است.
- دریافت حرارت از عناصر داخلی که شامل تجهیزات و انسان است.
- دریافت داخلی زون‌ها که شامل حرارت جابه‌جاشده بین زون‌های هم‌جوار است.
- دریافت پراکنده تابش که شامل تابش‌های ناشی از بازتاب سطوح است.

فهرست منابع و مآخذ

مقالات

احمدزاده سرخکلائی، م و کردجمشیدی، م. (۱۳۹۷). «بررسی عوامل مؤثر در شکل‌گیری معماری پایدار با تأکید بر فرم بنا (نمونه موردی شهرستان سوادکوه)»، نشریه علمی انرژی ایران، دوره ۲۱، شماره ۴.

حبیب، ف، برزگر، ز و چشمه قصابانی، م. (۱۳۹۳). «رتبه‌بندی پارامترهای مؤثر بر مصرف انرژی ساختمان با کاربرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی». نقش‌جهان، شماره دو، صص ۶۱-۵۵.

سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۹۰). تعیین شاخص‌های آسایش حرارتی PMV و PPD و معیارهای آسایش حرارتی موضعی (۱۴۳۸۴).

سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۹۰). ساختمان‌های مسکونی - تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی (۱۴۲۵۳).

محمدی، ع، حسینی، سم، ارژنگی، ح. (۱۳۹۶). «شناسایی پهنه‌های مناسب احداث ساختمان‌های بلندمرتبه شهری، مطالعه موردی: شهر اردبیل»، فصلنامه علمی – پژوهشی برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)، شماره چهارم.

ناصری، آ و مهرگانی، آ. (۱۳۹۵). «بررسی تأثیر خصوصیات فیزیکی ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی (مطالعه موردی شهر خرم‌آباد)»، نشریه علمی -پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره ۱۴، صص۷۳-۵۹.

نصراللهی، ن و اکرمی ابرقویی، ف. (۱۳۹۵). «ارزیابی اثر بهره‌وری انرژی ساختمان‌های خاک پناه در کاربری‌های مختلف». فصلنامه علمی پژوهشی مرمت و معماری ایران، شماره ۱۱.

وزارت مسکن و شهرسازی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. (۱۳۸۹). مقررات ملی ساختمان، مبحث نوزدهم صرفه‌جویی در مصرف انرژی (ویرایش ۱۳۸۹).

وزارت مسکن و شهرسازی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. (۱۳۹۸). مقررات ملی ساختمان، مبحث نوزدهم صرفه‌جویی در مصرف انرژی (ویرایش ۱۳۹۸).

منابع لاتین

ASHRAE. (۲۰۰۱). ASHRAE Handbook - Fundamentals, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Inc.

Ciardiello A, Rosso F, Dellolmo J, Ciancio V, Ferrero M, Salata F,. (۲۰۲۰), Multi-objective approach to the optimization of shape and envelope in building energy design, Applied Energy, ۲۸۰.

Granadeiroa V, Correia JR, Leal VMS. (۲۰۱۳). Envelope-related energy demand: A design indicator of energy performance for residential buildings in early design stages, Energy and Buildings, Vol. ٦١, pp. ٢١٥–٢٢٣.

KazanasmazT,Uygun IE, Akkurt GG. (۲۰۱٤).On the relation between architectural considerations and heating energy performance of Turkish residential buildings in Izmir, Energy and Buildings,Vol. ٧٢, pp. ٣٨-٥٠.

Korniyenko, S. (۲۰۱۸). Complex analysis of energy efficiency in operated high-rise residential building: Case study, E۳S Web of Conferences ۳۳.

Lotfabadi, P, (۲۰۱۵), Analyzing passive solar strategies in the case of high-rise building, Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Nasrollahi, F. (۲۰۱۳). Energy efficient housing for Iran, Piolet buildings in Hashtgerd new town. Young cities research paper series, Vol ۰٤.

Nasrollahi, F. (۲۰۱۳). Green Office Buildings Low Energy Demand through Architectural Energy Efficiency, Youngtown cities research paper series, Vol ۰۸.

Nguyen AT, Truong SH, Rockwood D, Le ADT. (۲۰۱۹). Studies on sustainable features of vernacular architecture in different regions across the world: A comprehensive synthesis and evaluation. ScienceDirect.

Olgyay V. (۲۰۱۵). Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism-New and expanded Edition: Princeton university press.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Explain the effect of architectural form on energy efficiency of high-rise residential buildings in cold and dry climates

Case study: (Ardabil city)

Abdul Aziz Ibrahimzadeh

Mohammad Reza Nilforoushan

Abstract

The influence of architectural form indicators on high-rise buildings is an important issue in the analysis. Attempts have always been made to design a form for tall buildings that has the highest energy efficiency, so the present study, while calculating the angle of solar radiation in summer and winter and its rotation in the plan and section, obtains the optimal form in such a way that Have the most area facing the sun in winter and the least area facing the sun in summer. The research method is library and analytical-descriptive. To analyze the data, the simulation method is used in the validated software. In order to know the climatic conditions, Climate and Consultant software has been used to analyze the climatic information of Ardabil city and to simulate the parameters affecting the research objectives, DesignBuilder software has been used. In this research, Ardabil city has been selected as the study sample. Winter and summer are considered based on Ardabil sample. Conclusion: By recognizing the indicators of architectural form affecting energy consumption and efficiency in high-rise residential buildings in cold and dry climates, it is possible to determine the amount of energy efficiency from the point of view of physical and environmental indicators.

Research objectives:

۱. Explain the effect of the architectural form of high-rise residential buildings on energy efficiency based on solar energy.
۲. Solutions to increase energy efficiency in high-rise residential buildings

Research questions:

۱. What effect does the architectural form of high-rise residential buildings have on energy efficiency?
۲. How to consider the amount of solar radiation angle in summer and winter in the design and analysis of high-rise structures in productivity and reduction of energy losses?

Keywords: architectural form, energy, high-rise residential buildings, cold and dry climate