نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۴۲، پاییز ۹۵

بهینه‌سازی جهت‌گیری فضاهای آزاد و بناهای ساختمانی اقلیم سرد با تأکید برتابش آفتاب شهر بروجرد

دریافت مقاله: ۹۳/۷/۹ پذیرش نهایی: ۹۵/۸/۸

صفحات:۸۲-۵۹

مهرداد هدایتیان: مربی گروه معماری، دانشگاه آیت ا ...العظمی بروجردی(ره)، بروجرد، ایران
Email: mehrdadhedayatian@yahoo.com

مرجان گودرزی: کارشناس ارشد معماری، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران[۱]
Email: marjan.goodarzi.mg@gmail.com

چکیده

این تحقیق باهدف بررسی شرایط اقلیمی شهر بروجرد در رابطه با طراحی جهت استقرار ساختمان‌ها و معابر شهر با تأکید بر انرژی تابشی، تلاشی برای کاستن مشکلات مربوط به اقلیم سرد است؛ که در جهت نیل به این هدف از آمار و اطلاعات ایستگاه سینوپتیک شهر بروجرد در یک دوره‌ی آماری ۲۳ ساله مشتمل بر دما، بارندگی، رطوبت نسبی و ... به صورت پارامترهای حداکثر، حداقل و میانگین استفاده شده است. پژوهش حاضر پژوهشی توصیفی-تحلیلی است و گسترده مطالعاتی آن کلیه مدارک و اسناد پژوهشی مرتبط با این مفهوم و دردسترس است؛ و روش جمع آوری اطلاعات چه در بیان وضع موجود و چه در تحلیل مسائل از شیوه‌های گوناگون از نوع کتابخانه‌ای بامطالعه اسناد سخت و نرم و تحقیقات میدانی است. ابزارهای اصلی تحلیل در این پژوهش شامل مدل‌های بیوکلیمایی اولگی، گیونی و روش محاسباتی قانون کسینوس است؛ که دراین رابطه ابتدا با استفاده ازداده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بروجرد نمودار زیست‌اقلیمی ساختمانی و فضاهای آزاد، ترسیم شد و آستانه‌ها و نیازهای حرارتی درون و بیرون بنا و سپس اولویت‌های طراحی اقلیمی ساختمانی و معابر شهری مشخص‌گردید. نتایج تحقیق نشان داد که بهترین جهت‌های استقرار ساختمان دربروجرد به‌منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی، جهت‌های جنوبی-شمالی و بعدازآن جهت ۱۵ درجه غربی است و بهترین جهت استقرار معابر نیز به‌منظور جلوگیری از ماندگاری یخ و برف درسطح خیابان‌ها، راستای جنوب‌غربی- شمال‌شرقی و بعدازآن جهت ۶۰ درجه غربی با توجه به تداخل عامل تابش آفتاب است.

کلید واژگان: طراحی اقلیمی، ساختمان‌های مسکونی، فضاهای آزاد، جهت‌گیری، بروجرد

---

[۱]. **نویسنده مسئول:** بروجرد، خیابان مدرس، کوچه بوستان۲، پلاک ۳۳

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

مقدمه

ظهور فن‌آوری و امکان استفاده از انرژی‌های فسیلی و دستگاه‌های مکانیکی، حدود دو سده، اختلالاتی در طراحی اقلیمی و بومی بناها و به‌ویژه شهرها پدیدآورده است .موضوع استفاده بیش‌ازحد از منابع انرژی فسیلی از یک‌سو و از سوی دیگر آلودگی محیط‌زیست ناشی از مصرف آن، به‌صورت موضوعی جدی و تهدیدکننده درآمده است (شقاقی و مفیدی، ۱۰۶:۱۳۸۷).

تبعیت از معیارهای زندگی مدرن و پیامدهای مصرف بی رویه‌ی انرژی‌های فسیلی، مردم را از ساخت و زندگی در خانه‌هایی که با اقلیم منطقه مطابقت‌داشته بیرون کشانده و ساختمان‌هایی برای آنها به ارمغان آورده که نیاز به مصرف بالای انرژی دارد. بنابراین، حرکت به سوی بهره‌گیری از منابع طبیعی و پتانسیل‌های موجود در هر منطقه جهت فراهم آوردن رفاه پایدار، ضرورت انکارناپذیری است (امیدوار, ۱۱۴:۱۳۹۰).

برای ایجاد آسایش در ساختمان، جهت استقرار آن باید طوری طراحی شود که بهترین تابش آفتاب را در فصول سرد و بهترین کوران را در فضاهای داخلی در فصول گرم سال به همراه داشته باشد. نور خورشید همیشه برای ایجاد روشنایی در یک ساختمان موردنیاز است، اما ازآنجاکه این نور سرانجام به حرارت تبدیل می‌شود باید میزان تابش موردنیاز هر ساختمان با توجه به نوع آن ساختمان و شرایط اقلیمی محل تعیین شود (کسمایی، ۱۳۷۸). در راستای این نگرش اقلیمی، بررسی شرایط اقلیمی بروجرد و تعیین جهت استقرار بهینه ساختمان و فضاهای آزاد به‌عنوان هدف اصلی این پژوهش موردبررسی قرار می‌گیرد.

جهت‌گیری ساختمان، می‌تواند مقدار جذب تابش خورشید را تعیین کند. طراحان ساختمان، باید با محاسبه شارژ تابشی خورشید در ساعات مختلف روز و روزهای مختلف سال، جهت ساختمان را طوری انتخاب کنند که میزان تابش جذب‌شده، سبب گرمای بیش‌ازحد ساختمان نشود. در مناطق سردسیر، جهت ساختمان طوری انتخاب می‌شود که بیشترین میزان جذب انرژی خورشید اتفاق بیفتد (شمس و دیگران، ۱۳۸۹: ۱۰۰). بی‌شک طراحی بنا و قرارگیری ساختمان در جهت مناسب، کمک شایانی در تقلیل مضرات و استفاده‌ی بهینه از تابش آفتاب مطلوب می‌نماید.

اقلیم سرد (اقلیم حاکم بر قلمرو تحقیق) یکی از اقلیم‌های مهمی است که طراحی معابر و بناهای آن از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. در این اقلیم ایجاد شرایط آسایش نه‌تنها در داخل ساختمان، بلکه در اطراف و بیرون آن نیز بسیار مهم است. بروز معضلات اقتصادی و زیست- محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در ساختمان‌های مسکونی از یک‌سو و یخبندان‌های طولانی‌مدت، بهره‌مند نبودن معابر از انرژی تابشی بهینه و کاهش ایمنی عابران

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

پیاده از سوی دیگر برای ساکنین این اقلیم مشکلات عدیده‌ای را ایجاد کرده است. لذا لزوم بررسی شرایط اقلیمی در رابطه با طراحی ساختمان‌های مسکونی و فضاهای آزاد با تداخل عامل تابش، تلاشی برای کاستن مشکلات فوق است و لذا این پژوهش با هدف دستیابی به راهبردهای طراحی در جهت نیل به پایداری محیطی (یکی از ابعاد معماری پایدار) به دنبال یافتن پاسخ سوالات زیر می‌باشد:

- مواقعی از سال که شهر بروجرد از نظر شرایط محیطی در محدوده‌ی آسایش قرار دارد کدامند؟
- چگونه می‌توانیم بطور طبیعی در داخل ساختمان، در شرایط اقلیمی شهر بروجرد آسایش بیوکلیمایی ایجاد نماییم؟
- جهت بهینه استقرار ساختمان‌های با نمای یک‌طرفه و دو طرفه به منظور دستیابی به آسایش دمایی در ارتباط با نور خورشید کدامند؟
- راستای مناسب معابر و خیابان‌های شهر بروجرد به منظور برخورداری از شرایط دمایی مطلوب در فصول سرد و گرم سال کدامند؟

تابش بنیاد اقلیم است (مسعودیان، غیور،۱۳۸۰: ۱۱۱)؛ و ازآنجاکه شکل و نحوه استقرار ساختمان و محل قرارگیری فضاهای داخلی آن و معابر در ارتباط با عامل تابش آفتاب می‌توانند به‌گونه‌ای باشند که موجب ارتقاء سطح آسایش درون و بیرون ساختمان گردد. لذا دستیابی به الگویی مناسب ازنظر جهت قرارگیری بهینه در مسیر نور آفتاب، به‌منظور جلوگیری از هدر رفت انرژی، هدف عمده این پژوهش است. در این تحقیق تلاش گردیده تا ویژگی‌ها و عناصر اقلیمی شهر بروجرد مرکز توجه و بررسی قرار گیرد و تأثیر عوامل اقلیمی بر جهت‌گیری و استقرار بناها و معابر به‌منظور دستیابی به اهداف زیر موردبررسی قرار گیرد:

۱. تعیین مناسب‌ترین جهت برای استقرار ساختمان‌های دارای یک نمای اصلی به‌نحوی‌که بتوانند از بیشترین تابش آفتاب در زمستان و کمترین تابش در تابستان بهره‌مند شوند.

۲. تعیین مناسب‌ترین جهت برای استقرار ساختمان‌های دارای دو نمای اصلی به‌نحوی‌که بتوانند از بیشترین تابش آفتاب در زمستان و کمترین تابش در تابستان بهره‌مند شوند.

۳. تعیین بهترین راستا جهت شکل‌گیری معابر و فضاهای آزاد باهدف دریافت انرژی خورشیدی در فصول سرد و بهره‌مندی از سایه بیشتر در فصول گرم سال.

پیشینه پژوهش

تاکنون در جهان فعالیت‌های علمی متعددی در این زمینه انجام پذیرفته است، قدیمی‌ترین

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

مطالعات شامل مطالعه‌ی مدل اولگی است، اولگی جدولی به نام جدول بیوکلیماتیک پیشنهاد نمود که در آن، حدود آسایش انسان در رابطه با تغییرات دو عنصر آب و هوایی، مثل آفتاب و باد که در محدوده منطقه آسایش ایجاد می‌نمایند، نشان داده می‌شود (Olgyay, 1963). گیونی با اشاره به محدودیت‌های روش اولگی، جدول بیوکلیماتیک ساختمانی را پیشنهاد نمود. این جدول، علاوه بر آن‌که منطقه آسایش انسان را به‌طور دقیق‌تری در رابطه با دما و رطوبت هوا نشان می‌دهد، حدود سودمندی عناصر مختلف را نیز در تنظیم شرایط حرارتی هوای داخل ساختمان مشخص می‌نماید (Givoni, 1989). در سال ۱۹۷۰ کارل ماهانی و همکارانش روش دقیق‌تری پیشنهاد کردند که در آن به نقش ساختمان توجّه شده‌بود. در این روش، ابتدا با توجه به دما و رطوبت نسبی هوا در هر یک از ماه‌های سال، نوسان روزانه، نوسان سالانه، متوسط دمای هوا و وضعیت هوا در ارتباط با آسایش انسان بررسی می‌شود و سپس با به دست آوردن شاخص‌هایی، ویژگی‌های عناصر ساختمانی تعیین می‌شود (Un.Nation, 1970). اوانز، مانند ماهانی، علاوه بر تعیین مواقع راحت، در مورد تشخیص عوامل جوی مؤثر در ناراحتی و رهنمودهای معماری به‌منظور مقابله با آن‌ها، بحث کاملی در کتاب خود ارائه می‌دهد (راز جویان، ۱۳۸۸). کوانیگزبرگر[1] و همکاران در کتاب «of ropical housing and building Manual» (۱۹۷۲)، ضوابطی برای طراحی مسکن و ساختمان در مناطق گرمسیری ارائه نموده‌اند. طبقه‌بندی‌های مختلف اقلیمی، شناخت اقلیم محلی و شیوه تشخیص آن با اقلیم ناحیه‌ای، شرایط آسایش حرارتی انسان، ضوابط طراحی معماری و غیره، مباحث این کتاب را تشکیل می‌دهند (کوانیگزبرگر، اتو و همکاران، ۱۳۶۸). مرتینز[2] نیز طراحی فضاهای آزادشهری را را با توجه به عامل اقلیمی موردبررسی قرار داده است (Mertens,1999:14).

de la Espriella، در مقاله‌ای با عنوان «ارتقای آسایش با استفاده از طراحی اقلیمی»، عوامل اقلیمی را در ارتباط با محیط‌های شهری، ساختمان‌ها و شرایط زیست انسان، تحلیل نموده است (de la Espriella, 2002:14). Haas و Nahiduzzaman تأثیرات شرایط اقلیمی بر طراحی شهری را در کشور بنگلادش مطالعه نمودند. در این پژوهش، روند تغییرات آب و هوایی موردتوجه ویژه قرارگرفته است (Nahiduzzaman, haas, 2008). فلیکس ماربوتین با محاسبه شدت تابش آفتاب در فصل‌ها و جهت‌های مختلف نتایج زیر را به دست آورده است:

- برای ایجاد بهترین شرایط گرمایی در داخل ساختمان (هوای گرم در زمستان و هوای خنک در تابستان) باید نمای اصلی ساختمان رو به جنوب باشد.

1. Koenigsber
2. Mertens

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

- اگرچه نماهای جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی آفتاب را به‌طور یکنواخت‌تر دریافت می‌کنند، ولی در تابستان گرم‌تر و در زمستان سردتر از نمای جنوبی می‌شوند.
- دیوارهای شرقی و غربی در تابستان گرم‌تر و در زمستان سردتر از دیوارهای جنوبی، جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی می‌شوند (کسمایی، ۱۳۸۲).

در مورد جهت استقرار بناها در اقلیم سرد، محمد کریم پیرنیا، از اصطلاح رون راسته (ریشه سانسکریت به معنی مخزن اسرار) سخن گفته است که در جهت شمال شرقی به جنوب غربی بوده و برای شهرهایی مثل تبریز پیشنهادشده است (پیرنیا، ۱۳۷۲: ۲).

در پژوهش‌های متعددی به بررسی ارتباط میان جهت قرارگیری ساختمان نسبت به خورشید در اقلیم‌های متعدد پرداخته‌شده است. کسمایی در کتاب خود با عنوان «اقلیم و معماری» به بررسی و مطالعه تأثیر اقلیم بر معماری پرداخته و جهت‌گیری مناسب ساختمان در ارتباط با موقعیت خورشید در معماری بومی اقلیم سرد ایران را در حدفاصل جنوب شرقی تا جنوب غربی در نظر گرفته است.

به نظر کسمایی (۱۳۷۸) باید میزان تابش موردنیاز هر ساختمان با توجه به نوع آن ساختمان و شرایط اقلیمی محل تعیین‌شود. راز جویان (۱۳۶۷) در کتاب خود آسایش به‌وسیله همساز با اقلیم و همچنین آسایش در پناه باد (۱۳۷۹) را مطرح کرده و موردبررسی قرار داده است.

طاووسی در مقاله «تابش زمستانی خورشید و شهرسازی در اصفهان» با توجه به ویژگی‌های تابش اقلیمی شهر اصفهان و به‌منظور بهره‌مندی از باد، جهت‌گیری معابر و ساختمان‌ها را بررسی‌کرده‌است (طاووسی، ۱۳۸۱). محمودی نژاد و تقوایی نیز تأثیر انرژی خورشیدی در طراحی‌های مسکن را بررسی کرده‌اند (محمودی نژاد و تقوایی،۱۳۸۵: ۸). شیخ بیگلو در مقاله «تحلیل عناصر اقلیمی باد و بارش با تأکید بر طراحی شهری، مطالعه موردی شهر اصفهان» ارتباط میان باد و راستای جهت قرارگیری ساختمان را موردبررسی قرار داده است (شیخ بیگلو،۱۳۸۹: ۸۳). طاووسی (۱۳۹۰) در کتاب «کاربرد اقلیمی تابش خورشیدی در برنامه‌ریزی محیطی» ۴ حالت کلی برای راستای معبر را نسبت به تابش آفتاب موردبررسی قرار داده و راستای شمال‌شرقی- جنوب‌غربی و شمالی- جنوبی به‌عنوان جهات مناسب‌تر برای معابر شهرهای سردسیر معرفی‌شده است. مفیدی شمیرانی (۱۳۹۲) جهت‌گیری بهینه اقلیمی پیاده راه‌ها در منطقه سرد تبریز را موردبررسی قرار داده و راستای شمال شرقی- جنوب غربی را به‌عنوان بهینه‌ترین حالت برای بهره‌برداری گذر پیاده و کاربری‌های مجاور آن در نظر گرفته است.

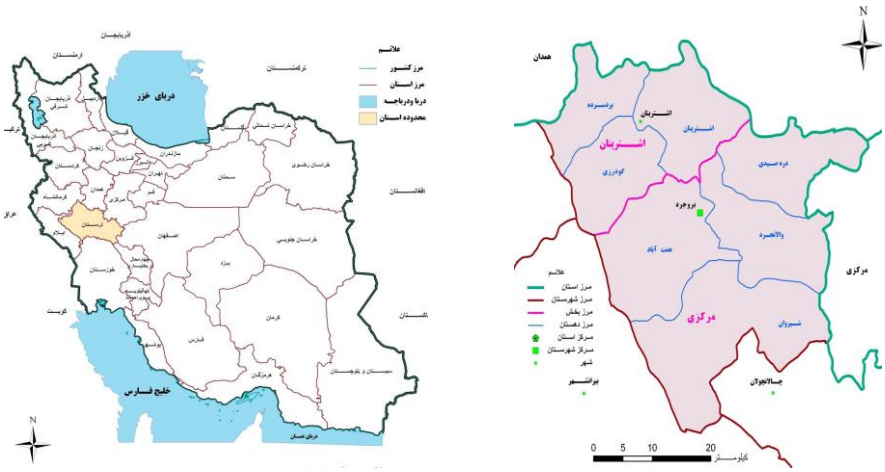
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

مواد و روش

پژوهش حاضر پژوهشی توصیفی-تحلیلی است که هدف آن بهینه‌سازی اقلیمی جهت ساختمان و فضاهای آزاد (معابر شهری) در شهر بروجرد است؛ گسترده مطالعاتی این تحقیق کلیه مدارک و اسناد پژوهشی مرتبط با این مفهوم و دردسترس (اعم از کتب، مقالات، پایان‌نامه‌ها و...) است. و روش جمع‌آوری اطلاعات چه در بیان وضع موجود و چه در تحلیل مسائل از شیوه‌های گوناگون از نوع کتابخانه‌ای بامطالعه اسناد سخت و نرم و تحقیقات میدانی است. محدوده جغرافیایی موردبررسی در این پژوهش شهر بروجرد است. شهرستان بروجرد با مساحتی حدود ۱۷۱۱ کیلومترمربع بین ۲۷ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۳ درجه و ۴۹ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۶ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع‌شده است (سالنامه آماری استان لرستان، ۱۳۹۲).

در این پژوهش از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهر بروجرد در یک دوره آماری ۲۳ ساله مشتمل بر دما، بارندگی، رطوبت نسبی و ... به‌صورت پارامترهای حداکثر، حداقل و میانگین استفاده‌شده است. همچنین برای محاسبه انرژی تابیده‌شده بروی دیوارها و میزان سایه‌ی ایجادشده در سطح خیابان‌ها، زاویه و جهت تابش در جهات و ساعات متفاوت با توجه به طول و عرض جغرافیایی قلمرو پژوهش محاسبه گردید.



شکل (۱). موقعیت قلمرو پژوهش

ابزارهای اصلی تحلیل در این پژوهش شامل مدل‌های بیوکلیمایی اولگی، گیونی و روش محاسباتی قانون کسینوس است. و نقشه‌ها و نمودارهای موردنیاز تحقیق توسط نرم‌افزارهای

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

Atoucad، Surfer، Excel ترسیم گردیده است.

- مدل‌های بیوکلیمایی

در این روش با استفاده از آمار مربوط به فاکتورهای اقلیمی و شاخص‌های بیوکلیمایی گیونی (جهت فضای داخل ساختمان) و اولگی (جهت فضاهای آزاد) شرایط زیست- اقلیمی شهر بروجرد مورد بررسی‌قرارگرفته و تیپ‌های بیوکلیماتیک حاکم در دوره‌های سرد و گرم سال مشخص گردیده است. با تدوین تقویم نیاز اقلیمی، اولویت‌های طراحی اقلیمی در شهر بروجرد (اقلیم سرد) تعیین گردید.

- روش‌های محاسباتی

به‌منظور تعیین بهترین جهت برای استقرار ساختمان و تأمین اولویت‌های طراحی به لحاظ تابش آفتاب، جهات مختلف تابش آفتاب در مواقع مختلف سال در منطقه‌ی طرح بررسی شد و با استفاده از روش محاسباتی قانون کسینوس میزان انرژی تابیده‌شده در هر ساعت از روز بر دیوارهای مختلف ساختمان محاسبه گردید و سپس با برآورد اختلاف مقدار انرژی تابیده‌شده در فصول سرد و گرم، مناسب‌ترین جهت برای استقرار ساختمان بر اساس بیشترین مقدار اختلاف تعیین گردید. بدین منظور میزان انرژی تابشی دریافتی دیوارهای قائم در جهت‌های مختلف جغرافیایی و به تفکیک فصول سرد و گرم می‌بایست محاسبه گردد. برای انجام این کار می‌توان از روش نموداری اولگی که در آن به کمک نقاله‌ی محاسبه‌ی انرژی خورشید و دیاگرام موقعیت خورشید، تغییرات انرژی خورشید محاسبه می‌گردد و یا از روش‌های محاسباتی استفاده نمود. در این پژوهش از روش محاسباتی زیر استفاده‌شده است. این روش، به روش محاسباتی قانون کسینوس معروف است.که از رابطه ی(۱) به دست می آید:

$$Is = In \cos\theta$$ رابطه (۱)

که در آن Is شدت تابش بر روی سطح، In شدت تابش خورشید بر روی سطح عمود بر پرتوی خورشید و θ زاویه میان شعاع خورشید و خط عمود بر سطح است. Cosθ (کسینوس زاویه برخورد در صفحه عمودی) از رابطه‌ی ۲ به دست می‌آید:

$$Z\Psi = |Zs-Zp| \text{ و} Cos(\theta)= Cos\beta.CosZ\Psi$$ رابطه(۲)

در این رابطه β زاویه تابش (ارتفاع خورشید)، Zs زاویه سمت خورشید، Zs زاویه سمت دیوار و ZΨ زاویه سمت صفحه موردنظر و خورشید است. In نیز از رابطه ۳ به دست می‌آید:

$$In = A/\exp(B/\sin\beta)$$ رابطه(۳)

در این رابطه A ثابت خورشیدی و B ضریب خاموشی است که هر دو تابع روز می‌باشند. بدین‌وسیله با استفاده از فرمول‌های ذکرشده مقدار انرژی دریافتی از خورشید در سطح قائم

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

برای ماه‌های مختلف و در ۲۴ جهت جغرافیایی محاسبه می‌گردد.
همچنین با در نظر گرفتن موقعیت ظاهری خورشید در طول روز و سایه ایجادشده نحوه‌ی صحیح استقرار معابر و فضاهای آزاد ارائه گردید.

- جهت قرارگیری ساختمان و تابش آفتاب

برای آنکه جهت ساختمان‌ها طوری طراحی شوند که بیشترین تابش آفتاب در فصول سرد و کمترین تابش را در فصول گرم دریافت کنند باید مواردی در نظر گرفته‌شود که ازجمله مواقع نیاز به آفتاب و سایه است. در رابطه با تابش خورشید جهت ساختمان باید به‌گونه‌ای باشد که در مواقع سرد بیشترین میزان انرژی و در مواقع گرم کمترین میزان انرژی خورشیدی به نمای اصلی ساختمان بتابد؛ بنابراین اولین مرحله، در تعیین چنین جهتی، تعیین مواقع مختلف سال ازنظر کسب انرژی خورشیدی است. بنا بر تعریف، به مجموعه زمان‌هایی که ساختمان برای ایجاد شرایط حرارتی مناسب نیاز به انرژی خورشیدی دارد مواقع سرد و به زمان‌هایی که نفوذ آفتاب موجب گرم‌شدن بیش‌ازحد ساختمان می‌شود مواقع گرم گفته می‌شود (کسمایی،۱۳۷۹).

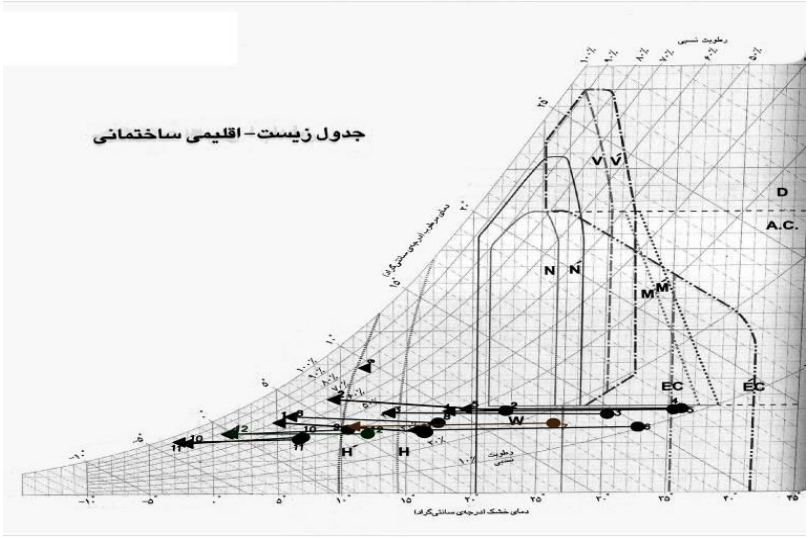
یافته‌های تحقیق

به‌طورکلی انتخاب جهت استقرار ساختمان به عواملی چون موقعیت جغرافیایی زمین، زاویه تابش خورشید، باد و... بستگی دارد. مهم‌ترین وظیفه‌ی معمار آن است که با توجه به شرایط حرارتی، بهداشتی و روانی موردنیاز، ساختمان را در جهتی قرار دهد که بیشترین استفاده از نور خورشید حاصل‌شود. برای تعیین جهت ساختمان لازم است که ابتدا نیازهای حرارتی ازجمله میزان نیاز به آفتاب و سایه مشخص‌شود. بدین منظور با استفاده از نمودار زیست‌اقلیمی شهر بروجرد، آستانه‌های حرارتی به‌صورت جدول (۱) مشخص می‌گردد:

جدول(۱). نیازهای حرارتی بروجرد با توجه به شاخص گیونی

شاخص	ویژگی‌های شاخص	درصد
EC	محدوده فراهم شدن آسایش با استفاده از کولرآبی	٪۱۳
'EC	محدوده آسایش با استفاده از کولرآبی در ساختمان‌های عایق‌کاری شده بارنگ بدنه سفید	٪۱
W	محدوده استفاده از دستگاه‌های رطوبت زن	٪۱۸
H	محدوده تأثیر مصالح در گرمایش ساختمان	٪۱۷
'H	محدوده استفاده از مصالح متناسب با اقلیم در گرمایش ساختمان	٪۱۳
H,Hخارج از '	استفاده از وسایل حرارت زا	٪۳۸

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]



شکل (۲). نمودار ساختمانی شهر بروجرد

- دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد: حد بالای آسایش داخلی با استفاده از کولرآبی
- دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد: حد پایین آسایش داخلی با استفاده از کولرآبی
- دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد: حد بالای تأمین گرمایش با استفاده از مصالح متناسب
- دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد: حد بالای استفاده از وسایل حرارت زا

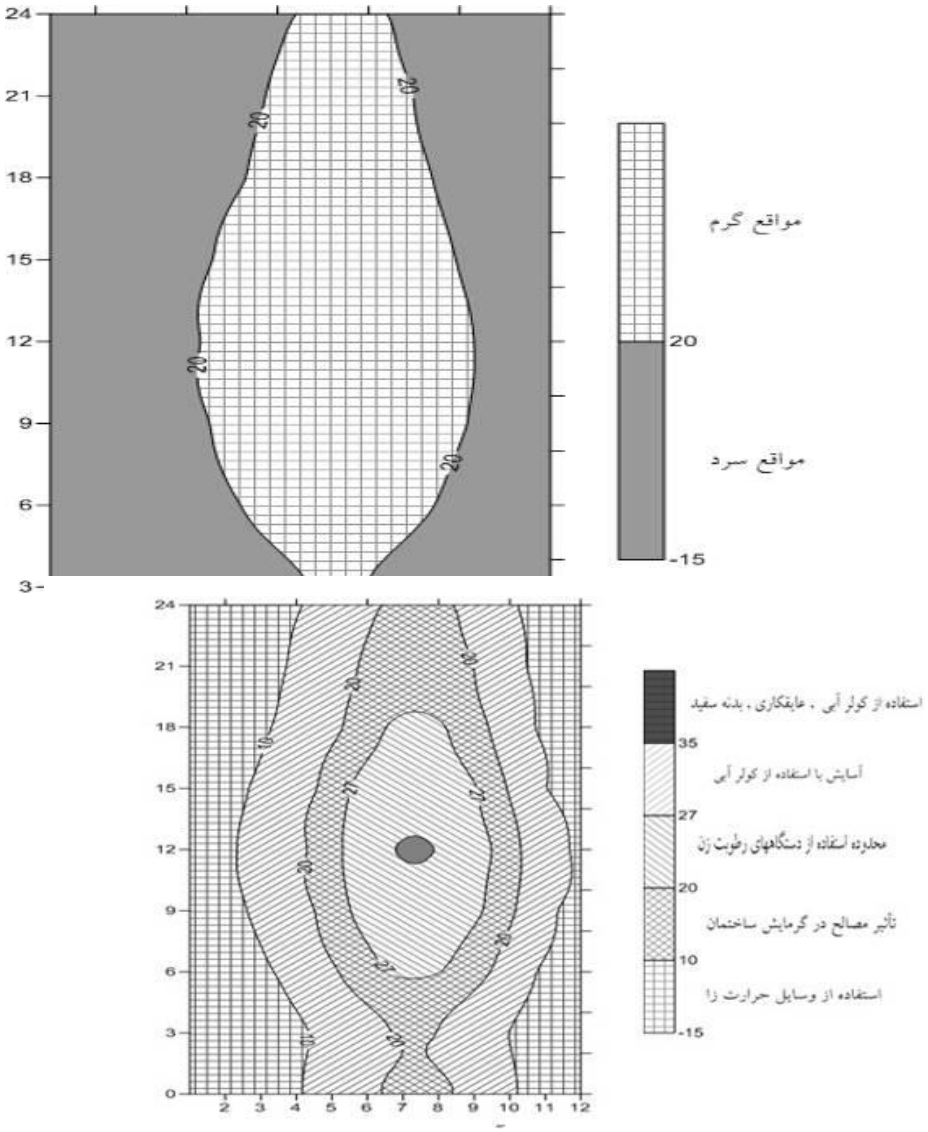
جدول(۲). تغییرات دمای ساعتی بروجرد در فواصل زمانی سه‌ساعته

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUNE	JULY	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
۰	-۱,۸	۱,۸	۵,۶	۹,۳	۱۳,۶	۱۸,۳	۲۲,۳	۲۱,۷	۱۷,۳	۱۱,۳	۵,۷	۱,۲
۳	-۲,۴	۰,۹	۴,۳	۸,۴	۱۲,۷	۱۷,۵	۲۰,۸	۱۹,۹	۱۵,۴	۹,۸	۴,۸	۰,۲
۶	-۰,۶	۳,۲	۸,۳	۱۳,۱	۱۸,۸	۲۵	۲۸,۲	۲۷,۳	۲۲,۹	۱۶,۲	۸,۲	۲,۶
۹	۳,۱	۶,۷	۱۲,۲	۱۶,۸	۲۳,۱	۳۰,۳	۳۳,۸	۳۲,۸	۲۸,۶	۲۱,۶	۱۲	۶,۷
۱۲	۴,۶	۸,۲	۱۳,۹	۱۸	۲۴,۶	۳۲,۲	۳۵,۶	۳۴,۸	۳۰,۶	۲۳	۱۳,۶	۸,۵
۱۵	۱,۹	۶,۲	۱۲	۱۶,۳	۲۲,۸	۳۰,۶	۳۳,۹	۳۲,۸	۲۷,۷	۱۹,۳	۱۰,۲	۵,۲
۱۸	۰,۱	۳,۹	۸,۸	۱۲,۹	۱۷,۹	۲۴,۶	۲۸,۷	۲۷,۹	۲۲,۸	۱۵,۵	۸	۳,۲
۲۱	-۱	۲,۹	۷	۱۱,۲	۱۵,۶	۲۱,۵	۲۵,۴	۲۴,۷	۱۹,۹	۱۳,۲	۶,۶	۲,۱

با انطباق این آستانه‌ها بر جدول دمای ساعتی روزانه و با استفاده از تغییرات سه‌ساعته دمای هرماه محدوده‌های حرارتی دما به‌دست‌آمده و سپس محدوده‌های مشخص‌شده در جدول

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

بیوکلیماتیک ساختمانی با استفاده از نرم‌افزار Surfer، به‌صورت منحنی هم‌دما ترسیم‌شده‌اند؛ و تقویم نیاز اقلیمی بروجرد به‌صورت شکل (۳) و (۴) مشخص‌شده است:



شکل (۴). آستانه‌های حرارتی داخل ساختمان مأخذ: نگارندگان

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

با مشخص شدن درصد نیازهای حرارتی اولویت‌های مهم طراحی اقلیمی در شهر بروجرد به شرح ذیل دسته‌بندی می‌گردد: ۱. محافظت ساختمان در برابر هوای سرد در فصول سرد سال ۲. بهره‌گیری از انرژی تابشی خورشیدی به‌منظور گرمایش در مواقع سرد سال ۳. بهره‌گیری از نوسان روزانه دما در طول شبانه‌روز ۴. کاهش تأثیر باد در اتلاف حرارت ۵. محافظت ساختمان در برابر تابش آفتاب در فصول گرم سال ۶. فراهم آوردن امکاناتی جهت افزایش رطوبت هوا در فصول گرم و خشک.

شرایط ۱ و ۲ و ۵ مربوط به عملکرد تابش آفتاب در ایجاد شرایط مطلوب برای ساختمان است، این تحقیق سعی دارد با تعیین جهت بهینه استقرار ساختمان، به تحقق اولویت‌های ۲،۱ و ۵ (اولویت‌های مرتبط با تابش آفتاب) دست یابد. با توجه به نمودار زیست- اقلیم شهر بروجرد می‌توان دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد را به‌عنوان مرز مواقع سرد (مواقع نیاز به آفتاب) و مواقع گرم (مواقع نیاز به سایه) مشخص نمود (شکل ۳).

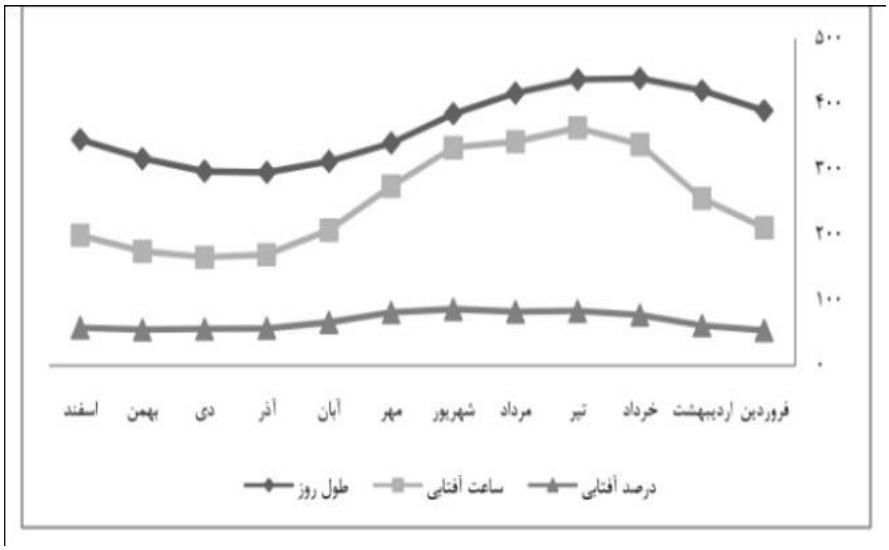
در بروجرد نیز با توجه به اهمیت کسب حداکثر انرژی خورشیدی در فصل سرد، نحوه استقرار ساختمان می‌بایست به‌گونه‌ای باشد که در مواقع سرد سال دیوارهای خارجی حداکثر انرژی تابشی را دریافت کنند. مبنای تعیین مناسب‌ترین جهت استقرار ساختمان بدین‌صورت است که اگر ساختمان در جهتی قرار گیرد که در فصول گرم کمترین و در فصول سرد بیشترین تابش آفتاب را دریافت‌نماید، بهترین جهت استقرار را خواهد داشت، یعنی وجود توأمان این دو ویژگی اساس کار را تشکیل‌می‌دهد. در جدول ۳ آمار و داده‌های ۲۳ ساله‌ی بروجرد برای طلوع آفتاب، ساعات آفتابی، درصد ساعات آفتابی و طول روز ارائه‌شده و در شکل (۵) نمودار خطی این ویژگی‌ها مشاهده‌می‌گردد.

جدول (۳). ویژگی‌های تابش و طلوع و غروب آفتاب در منطقه‌ی طرح

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
طلوع آفتاب	۵،۷۱	۵،۲۲	۴،۹۲	۴،۹۴	۵،۲۸	۵،۷۹	۶،۳۳	۶،۸	۷،۰۸	۷،۰۵	۶،۷۳	۶،۲۴
طول روز	۳۹۰	۴۲۰	۴۳۹	۴۳۸	۴۱۷	۳۸۵	۳۴۰	۳۱۲	۲۹۵	۲۹۷	۳۱۶	۳۴۶
ساعت آفتابی	۲۱۱	۲۵۵،۶	۳۳۷،۹	۳۶۳،۳	۳۴۲،۲	۳۳۳	۲۷۴،۳	۲۰۷	۱۶۹،۵	۱۶۵،۸	۱۷۴،۶	۱۹۹،۱
درصد آفتابی	۵۴	۶۱	۷۷	۸۳	۸۲	۸۶	۸۱	۶۶	۵۷	۵۶	۵۵	۵۸

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]



شکل (۵). نمودار ویژگی‌های تابش و ساعات آفتابی در منطقه طرح

در تحقیق حاضر، مقدار انرژی تابیده‌شده بر سطوح قائم برای روزهای هرماه در ۲۴ جهت محاسبه گردید. نتایج این محاسبات میزان انرژی تابیده‌شده در ساعات تئوری را نشان می‌داد و ساعات تئوری نمی‌توانست مبنای تشخیص درست جهت استقرار ساختمان باشد، لذا در مرحله‌ی بعد، با استفاده از آمار ساعات آفتابی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بروجرد و سپس از تقسیم آن به طول روز در هرماه ضریب ساعات آفتابی آن ماه به دست‌آمد و مقادیر واقعی انرژی تابشی رسیده بر دیوارها که از حاصل‌ضرب، ضریب ساعات آفتابی هرماه در مقادیر انرژی آن ماه حاصل می‌شود، محاسبه گردید، (به‌منظور جلوگیری از طولانی شدن مطلب از ارائه‌ی محاسبات پرهیز شد). جدول ۴ مقدار انرژی تابیده‌شده بر دیوارهای قائم در فصول سرد و گرم را ارائه می‌دهد که بر اساس بیشترین مقدار اختلاف و بر مبنای میزان انرژی تابیده‌شده در ساعات آفتابی، مناسب‌ترین جهت برای استقرار ساختمان انتخاب می‌گردد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

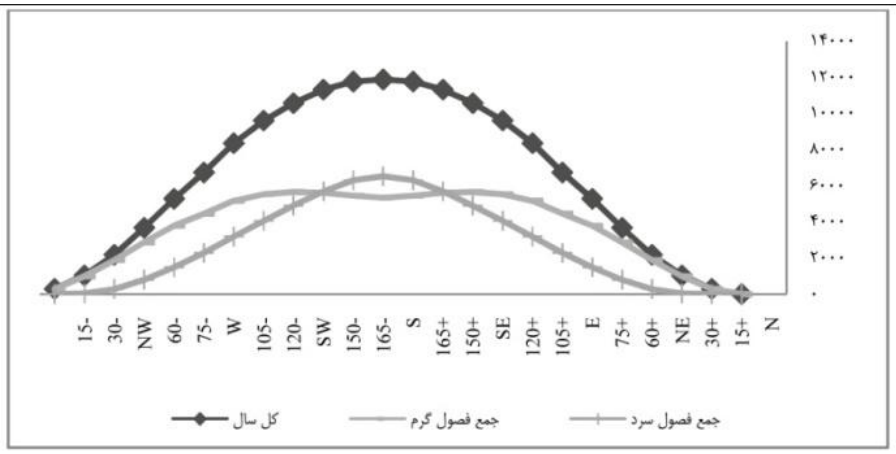
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

جدول(۴). اختلاف میزان انرژی تابیده‌شده (برحسب $BTU/h/ft^2$) بر سطوح قائم

زاویه استقرار ساختمان	جهت دریافت انرژی	کل سال	جمع فصول گرم	درصد	جمع فصول سرد	درصد	اختلاف انرژی
N	شمال	۰	۰	%۰	۰	%۰	۰
+۱۵	+۱۵	۲۹۰	۲۹۰	%۰,۳۳	۰	%۰	-۲۹۰
+۳۰	+۳۰	۱۰۲۹	۹۸۷	%۱,۱۱	۴۱	%۰,۰۶	-۹۴۶
NE	+۴۵	۲۱۷۵	۱۸۸۶	%۲,۱۳	۲۸۹	%۰,۴۵	-۱۵۹۷
+۶۰	+۶۰	۳۶۶۶	۲۸۶۹	%۳,۲۳	۷۹۷	%۱,۲۴	-۲۰۷۲
+۷۵	+۷۵	۵۲۷۳	۳۷۸۳	%۴,۲۶	۱۴۹۰	%۲,۳۱	-۲۲۹۳
E	شرق	۶۷۲۵	۴۴۵۱	%۵,۰۲	۲۲۷۴	%۳,۵۲	-۲۱۷۷
+۱۰۵	+۱۰۵	۸۳۴۱	۵۱۶۴	%۵,۸۲	۳۱۷۶	%۴,۹۲	-۱۹۸۸
+۱۲۰	+۱۲۰	۹۵۹۴	۵۵۳۷	%۶,۲۴	۴۰۵۶	%۶,۲۹	-۱۴۸۱
SE	+۱۳۵	۱۰۵۵۹	۵۶۶۰	%۶,۳۸	۴۸۹۹	%۷,۵۹	-۷۶۱
+۱۵۰	+۱۵۰	۱۱۲۹۹	۵۶۱۱	%۶,۳۲	۵۶۸۸	%۸,۸۱	۷۷
+۱۶۵	+۱۶۵	۱۱۷۴۶	۵۴۴۸	%۶,۱۴	۶۲۹۸	%۹,۷۶	۸۵۰
S	جنوب	۱۱۸۶۳	۵۳۴۳	%۶,۰۲	۶۵۲۰	%۱۰,۱	۱۱۷۷
-۱۶۵	-۱۶۵	۱۱۷۴۶	۵۴۴۸	%۶,۱۴	۶۲۹۸	%۹,۷۶	۸۵۰
-۱۵۰	-۱۵۰	۱۱۲۹۹	۵۶۱۱	%۶,۳۲	۵۶۸۸	%۸,۸۱	۷۷
SW	-۱۳۵	۱۰۵۵۹	۵۶۶۰	%۶,۳۸	۴۸۹۹	%۷,۵۹	-۷۶۱
-۱۲۰	-۱۲۰	۹۵۹۴	۵۵۳۷	%۶,۲۴	۴۰۵۶	%۶,۲۹	-۱۴۸۱
-۱۰۵	-۱۰۵	۸۳۴۱	۵۱۶۴	%۵,۸۲	۳۱۷۶	%۴,۹۲	-۱۹۸۸
W	غرب	۶۷۲۵	۴۴۵۱	%۵,۰۲	۲۲۷۴	%۳,۵۲	-۲۱۷۷
-۷۵	-۷۵	۵۲۷۳	۳۷۸۳	%۴,۲۶	۱۴۹۰	%۲,۳۱	-۲۲۹۳
-۶۰	-۶۰	۳۶۶۶	۲۸۶۹	%۳,۲۳	۷۹۷	%۱,۲۴	-۲۰۷۲
NW	-۴۵	۲۱۷۵	۱۸۸۶	%۲,۱۳	۲۸۹	%۰,۴۵	-۱۵۹۷
-۳۰	-۳۰	۱۰۲۹	۹۸۷	%۱,۱۱	۴۱	%۰,۰۶	-۹۴۶
-۱۵	-۱۵	۲۹۰	۲۹۰	%۰,۳۳	۰	%۰	-۲۹۰
مجموع		۱۵۳۲۵۴	۸۸۷۱۶	۱۰۰	۶۴۵۳۸	۱۰۰	
درصد		%۱۰۰	%۵۷,۸۹		%۴۲,۱۱		

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]



شکل (۶). مقدار انرژی دریافتی در جهات و مواقع مختلف سال

- **جهت قرارگیری ساختمان‌های یک‌طرفه**

همان‌طور که بیان شد، جهت‌گیری ساختمان باید به‌گونه‌ای باشد که در مواقع سرد کمترین و در مواقع گرم بیشترین مقدار انرژی را دریافت‌نماید. بر این اساس جهت شمال که کمترین انرژی را در فصول گرم دریافت‌می‌کند مناسب‌ترین جهت است، اما این جهت در فصول سرد هم کمترین انرژی را دریافت می‌نماید، لذا هدف اصلی که استفاده حداکثری از انرژی تابشی است تأمین نمی‌گردد، بنابراین جهت شمال جهت مناسبی نیست و می‌بایست میزان تفاوت انرژی مواقع سرد و گرم سال ملاک عمل قرار گیرد، یعنی حاصل تفریق مواقع سرد منهای مواقع گرم هرچقدر عدد بزرگ‌تری باشد جهت استقرار مناسب‌تری را معرفی می‌کند.

پس بررسی مقادیر انرژی در طول سال و در مواقع سرد و گرم، همان‌طور که مشاهده‌می‌شود بیشترین اختلاف انرژی تابشی در جهت جنوبی ساختمان و پس‌ازآن موقعیت ۱۶۵+ درجه است. در جهت جنوب، مقدار انرژی برابر[1] $BTU/h/ft^2$ ۱۱۸۶۳ است که $BTU/h/ft^2$ ۵۳۴۳ از آن مربوط به فصول گرم و $BTU/h/ft^2$ ۶۵۲۰ از آن مربوط به فصول سرد است که حداکثر تابش آفتاب بر دیوارهای جنوبی به هنگام ظهر است. نامناسب‌ترین جهت ازنظر استقرار ساختمان جهت ۷۵- در منطقه طرح خواهد بود، زیرا انرژی دریافتی فصول گرم از فصول سرد بیشتر و اختلاف دریافت انرژی بین فصول گرم و سرد در این جهت بیشترین مقدار است. در جدول شماره (۵) اولویت اول تا ششم جهت استقرار بهینه ساختمان ارائه‌شده است.

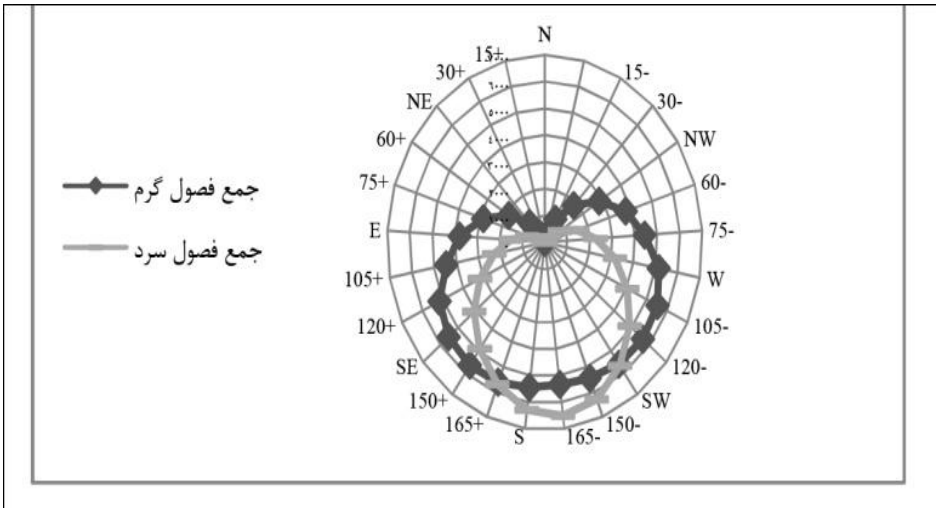
1. British thermal units

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

جدول(۵). جهات مناسب استقرار ساختمان یک‌طرفه به ترتیب اولویت در منطقه طرح

اولویت	زاویه استقرار ساختمان	جهت دریافت انرژی	کل سال	جمع فصول گرم	درصد	جمع فصول سرد	درصد	اختلاف انرژی
اولویت ۱	S	جنوب	۱۱۸۶۳	۵۳۴۳	%۶,۰۲	۶۵۲۰	%۱۰,۱	۱۱۷۷
اولویت ۲	۱۶۵+	۱۶۵+	۱۱۷۴۶	۵۴۴۸	%۶,۱۴	۶۲۹۸	%۹,۷۶	۸۵۰
اولویت ۳	۱۶۵-	۱۶۵-	۱۱۷۴۶	۵۴۴۸	%۶,۱۴	۶۲۹۸	%۹,۷۶	۸۵۰
اولویت ۴	۱۵۰+	۱۵۰+	۱۱۲۹۹	۵۶۱۱	%۶,۳۲	۵۶۸۸	%۸,۸۱	۷۷
اولویت ۵	۱۵۰-	۱۵۰-	۱۱۲۹۹	۵۶۱۱	%۶,۳۲	۵۶۸۸	%۸,۸۱	۷۷
اولویت ۶	N	شمال	۰	۰	%۰	۰	%۰	۰



شکل (۷) . مقدار انرژی دریافتی در جهات مختلف و مواقع گرم و سرد سال (ساختمان‌های یک‌طرفه)

- **جهت قرارگیری ساختمان‌های دوطرفه**

درساختمان‌های دارای دو نمای اصلی می‌بایست مجموع انرژی تابیده‌شده بر هر دو نما موردتوجه قرار گیرد، بر این اساس مجموع انرژی‌های تابیده بر هر دو نما محاسبه‌شده است. جدول شماره (۶) مقدار این انرژی را در مواقع گرم و سرد سال نشان می‌دهد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

جدول(۶).اختلاف میزان انرژی تابیده‌شده (برحسب $BTU/h/ft^2$) بر سطوح قائم در مواقع گرم و سرد سال

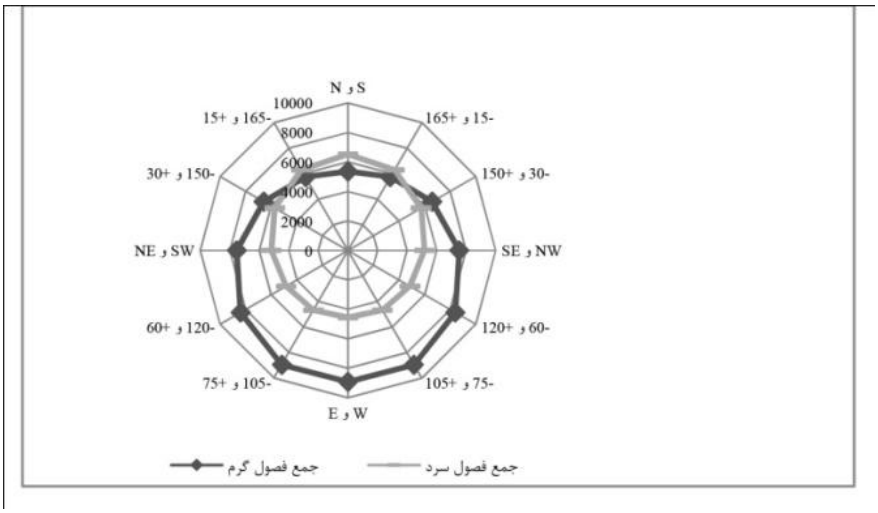
زاویه استقرار ساختمان	جهت دریافت انرژی	کل سال	جمع فصول گرم	درصد	جمع فصول سرد	درصد	اختلاف انرژی
S و N	جنوب و شمال	۱۱۸۶۳	۵۳۴۳	۶,۰۲%	۶۵۲۰	۱۰,۱%	۱۱۷۷
-۱۶۵ و +۱۵	-۱۶۵ و +۱۵	۱۲۰۳۷	۵۷۳۹	۶,۴۷%	۶۲۹۸	۹,۷۶%	۵۶۰
-۱۵۰ و +۳۰	-۱۵۰ و +۳۰	۱۲۳۲۸	۶۵۹۸	۷,۴۴%	۵۷۳۰	۸,۸۸%	-۸۶۹
SW و NE	-۱۳۵ و +۴۵	۱۲۷۳۳	۷۵۴۶	۸,۵۱%	۵۱۸۷	۸,۰۴%	-۲۳۵۹
-۱۲۰ و +۶۰	-۱۲۰ و +۶۰	۱۳۲۶۰	۸۴۰۶	۹,۴۸%	۴۸۵۴	۷,۵۲%	-۳۵۵۳
-۱۰۵ و +۷۵	-۱۰۵ و +۷۵	۱۳۶۱۳	۸۹۴۷	۱۰,۰۸%	۴۶۶۶	۷,۲۳%	-۴۲۸۰
W و E	غرب و شرق	۱۳۴۵۰	۸۹۰۲	۱۰,۰۳%	۴۵۴۸	۷,۰۵%	-۴۳۵۴
-۷۵ و +۱۰۵	-۷۵ و +۱۰۵	۱۳۶۱۳	۸۹۴۷	۱۰,۰۸%	۴۶۶۶	۷,۲۳%	-۴۲۸۰
-۶۰ و +۱۲۰	-۶۰ و +۱۲۰	۱۳۲۶۰	۸۴۰۶	۹,۴۸%	۴۸۵۴	۷,۵۲%	-۳۵۵۳
NW و SE	-۴۵ و +۱۳۵	۱۲۷۳۳	۷۵۴۶	۸,۵۱%	۵۱۸۷	۸,۰۴%	-۲۳۵۹
-۳۰ و +۱۵۰	-۳۰ و +۱۵۰	۱۲۳۲۸	۶۵۹۸	۷,۴۴%	۵۷۳۰	۸,۸۸%	-۸۶۹
-۱۵ و +۱۶۵	-۱۵ و +۱۶۵	۱۲۰۳۷	۵۷۳۹	۶,۴۷%	۶۲۹۸	۹,۷۶%	۵۶۰
جمع کل		۱۵۳۲۵۴	۸۸۷۱۶	۱۰۰%	۶۴۵۳۸	۱۰۰%	
درصد		۱۰۰%	۵۷,۸۹%		۴۲,۱۱%		

جدول(۷). جهات مناسب استقرار ساختمان دوطرفه به ترتیب اولویت در منطقه طرح (بر اساس اولویت‌های ۱ و ۲ و ۵)

اولویت	زاویه استقرار ساختمان	جهت دریافت انرژی	کل سال	جمع فصول گرم	درصد	جمع فصول سرد	درصد	اختلاف انرژی
اولویت ۱	S و N	جنوب و شمال	۱۱۸۶۳	۵۳۴۳	۶,۰۲%	۶۵۲۰	۱۰,۱%	۱۱۷۷
اولویت ۲	-۱۶۵ و +۱۵	-۱۶۵ و +۱۵	۱۲۰۳۷	۵۷۳۹	۶,۴۷%	۶۲۹۸	۹,۷۶%	۵۶۰
اولویت ۳	-۱۵ و +۱۶۵	-۱۵ و +۱۶۵	۱۲۰۳۷	۵۷۳۹	۶,۴۷%	۶۲۹۸	۹,۷۶%	۵۶۰
اولویت ۴	-۱۵۰ و +۳۰	-۱۵۰ و +۳۰	۱۲۳۲۸	۶۵۹۸	۷,۴۴%	۵۷۳۰	۸,۸۸%	-۸۶۹
اولویت ۵	-۳۰ و +۱۵۰	-۳۰ و +۱۵۰	۱۲۳۲۸	۶۵۹۸	۷,۴۴%	۵۷۳۰	۸,۸۸%	-۸۶۹
اولویت ۶	SW و NE	-۱۳۵ و +۴۵	۱۲۷۳۳	۷۵۴۶	۸,۵۱%	۵۱۸۷	۸,۰۴%	-۲۳۵۹

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]



شکل (۸). مقدار انرژی دریافتی در جهات مختلف و مواقع گرم و سرد سال (ساختمان‌های دوطرفه)

جهت‌گیری بهینه فضاهای آزاد

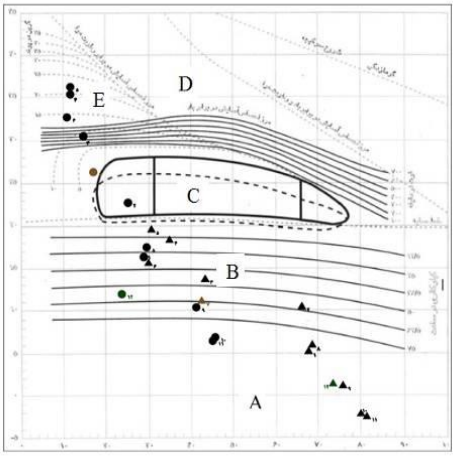
ابتدا با استفاده از شاخص اولگی و تغییرات دمای سه ساعت به سه ساعت، شرایط زیست‌اقلیمی انسانی شهر بروجرد مورد ارزیابی قرارگرفته و تیپ‌های بیوکلیماتیک حاکم در دوره‌های سرد و گرم سال مشخص‌می‌گردد.

- **نیازهای حرارتی فضاهای آزاد در شهر بروجرد**

به‌منظور تحلیل وضعیت حرارتی فضاهای آزاد در رابطه با آسایش انسان از شاخص اولگی استفاده می‌گردد. منطقه آسایش انسان در جدول بیوکلیماتیک اولگی، با فرض ساکن بودن هوا، عدم وجود تابش، پوشش لباس عادی داخل منزل و آرام بودن فعالیت انسان در جدول (۸) پیشنهادشده است.

جدول(۸). وضعیت بیوکلیمایی انسانی بر اساس شاخص اولگی

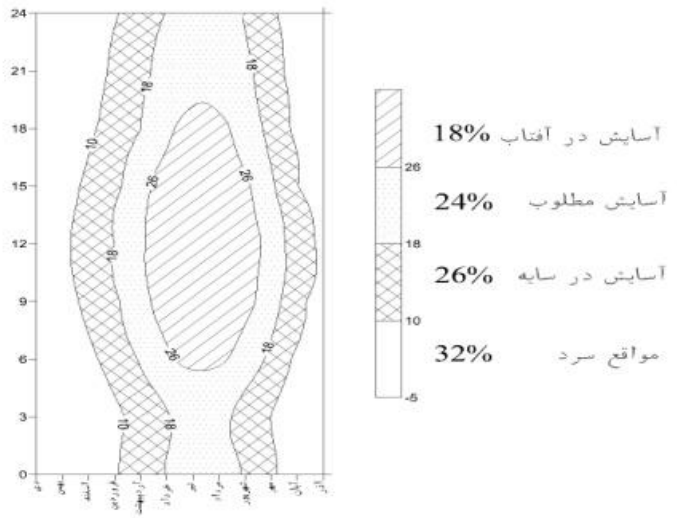
وضعیت بیوکلیمایی انسانی بر اساس شاخص اولگی		
ماه‌های سال	روز	شب
فروردین	A	B
اردیبهشت	B	C
خرداد	B	C
تیر	B	E
مرداد	B	E
شهریور	B	E
مهر	B	E
آبان	A	B
آذر	A	B
دی	A	A
بهمن	A	A
اسفند	A	B



شکل(۹). نمودار بیوکلیماتیک بروجرد

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

بر اساس دیاگرام آستانه‌های حرارتی فضاهای آزاد، ۲۶ درصد از مواقع آسایش مطلوب بیوکلیمایی وجود دارد و ۲۶ درصد مواقع آسایش در سایه و ۲۴ درصد مواقع آسایش در آفتاب است. همچنین ۳۲ درصد مواقع هوا کاملاً سرد است؛ بنابراین مشخص می‌گردد که در بروجرد نیاز به آفتاب بیشتر از نیاز به سایه است.



شکل (۱۰). محدوده‌ی آستانه‌های حرارتی فضاهای آزاد

لذا باهدف بهینه‌سازی شرایط اقلیمی فضاهای آزاد به‌منظور تأمین نیازهای حرارتی، به بررسی عناصر اقلیمی تابش آفتاب و باد پرداخته می‌شود. با مشخص شدن درصد نیازهای حرارتی اولویت‌های مهم طراحی اقلیمی فضاهای باز در شهر بروجرد به شرح ذیل دسته‌بندی می‌گردد: ۱. هدایت تابش آفتاب به فضاهای باز در فصول سرد سال ۲. جلوگیری از تأثیر بادهای سرد زمستانی در فصول سرد سال به فضاهای باز ۳. جلوگیری از نفوذ آفتاب در فصول گرم سال به فضاهای باز

- جهت معابر و خیابان‌ها

جهات و ابعاد راه‌های ارتباطی هم یکی از فاکتورهای مهم در طراحی مجموعه‌های سکونتگاهی است. با توجه به نمودار آستانه‌های حرارتی شهر ضرورت تأمین آفتاب کافی در خیابان‌ها را در مواقع سرد سال ایجاب می‌نماید. با توجه به این مسائل و اهداف عمده طراحی اقلیمی فضاهای آزاد، خیابان‌ها و معابر بهتر است در جهتی واقع شوند که سایه ایجادشده در سطح خیابان در مواقع سرد سال به حداقل ممکن برسد و از کانالیزه شدن بادهای سرد در

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

سطح خیابان جلوگیری نماید، لذا با توجه به اهمیت مقدار سایه ایجادشده در مواقع سرد مقدار سایه ایجادشده در سطح خیابان در دی‌ماه و به ازای ۴ متر ارتفاع دیوار حاشیه خیابان در ۱۲ جهت جغرافیایی و در ساعات ۸ تا ۱۲ با استفاده از رابطه (۴) محاسبه و در جدول زیر درج گردیده است:

رابطه(۴) $I = (h.\sin B) / \sin \beta$

I عمق سایه ایجادشده به متر، h ارتفاع دیوار واقع در حاشیه خیابان، β زاویه تابش خورشید و B زاویه بین امتداد خورشید و دیوار موردنظر است.

همان‌طوری که در جدول ملاحظه می‌گردد، با توجه به موقعیت ظاهری خورشید در طول روز،

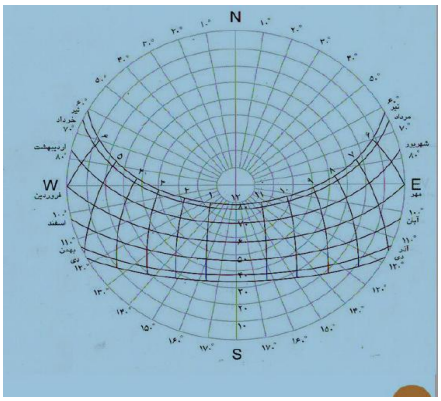
میزان سایه‌ی ایجادشده در سطح خیابان‌ها در ساعات مختلف روز، متفاوت است. بیشترین مقدار سایه ایجادشده در ساعات قبل از ظهر در جهات غربی است که با نزدیک شدن به ظهر خورشیدی از مقدار آن کاسته می‌شود و بیشترین سایه در ساعت ۱۲ ظهر در جهت غربی- شرقی مشاهده می‌گردد که با تغییر موقت خورشید در بعدازظهر مقدار سایه ایجادشده در سطوح شرقی افزایش می‌یابد.

جدول (۹). عرض سایه ایجادشده در پشت یک دیوار ۴ متری در روز اول دی‌ماه (شهر بروجرد)

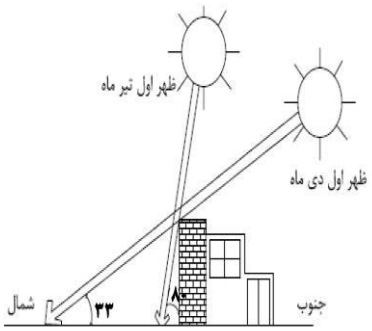
زمان ایجاد سایه	جهت عامل مؤثر	S	۱۶۵	۱۵۰	SE	۱۲۰	۱۰۵	E	۱۶۵-	۱۵۰-	SW	۱۲۰-	۱۰۵-	W
ساعت ۸ صبح	زاویه برخورد	۵۱	۳۹	۲۴	۹	۶	۲۱	۳۶	۶۹	۸۴	۸۱	۶۶	۵۱	۳۶
	عمق سایه (متر)	۱۹,۴	۱۵,۷	۱۰,۲	۳,۹	۲,۶	۹	۱۴,۷	۲۳,۳	۲۴,۹	۲۴,۷	۲۲,۸	۱۹,۴	۱۴,۷
ساعت ۱۰ صبح	زاویه برخورد	۳۱	۱۶	۱	۱۴	۲۹	۴۴	۵۹	۴۶	۶۱	۷۶	۸۹	۷۴	۵۹
	عمق سایه (متر)	۴,۷	۲,۵	۰,۲	۲,۲	۴,۴	۶,۳	۷,۸	۶,۵	۷,۹	۸,۸	۹,۱	۸,۷	۷,۸
ساعت ۱۲ ظهر	زاویه برخورد	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰
	عمق سایه (متر)	۰	۱,۹	۳,۷	۵,۲	۶,۴	۷,۲	۷,۴	۱,۹	۳,۷	۵,۲	۶,۴	۷,۲	۷,۴
ساعت ۱۴ صبح	زاویه برخورد	۳۱	۴۶	۶۱	۷۶	۸۹	۷۴	۵۹	۱۶	۱	۱۴	۲۹	۴۴	۵۹
	عمق سایه (متر)	۴,۷	۶,۵	۷,۹	۸,۸	۹,۱	۸,۷	۷,۸	۲,۵	۰,۲	۲,۲	۴,۴	۶,۳	۷,۸
ساعت ۱۶ صبح	زاویه برخورد	۵۱	۶۹	۸۴	۸۱	۶۶	۵۱	۳۶	۳۹	۲۴	۹	۶	۲۱	۳۶
	عمق سایه (متر)	۱۹,۴	۲۳,۳	۲۴,۹	۲۴,۷	۲۲,۸	۱۹,۴	۱۴,۷	۱۵,۷	۱۰,۲	۳,۹	۲,۶	۹	۱۴,۷

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]



شکل(۱۱). دیاگرام موقعیت خورشید بروی شهر بروجرد



شکل (۱۲). زاویه تابش در بالاترین و پایین ترین موقعیت

در بین این جهات، جهت مناسب جهت جنوب‌غربی - شمال‌شرقی است و بعدازآن جهت مناسب جهت ۶۰ درجه غربی است. در این جهات در سردترین ماه سال که خورشید در پایین‌ترین موقعیت خود قرار دارد کمترین سایه ایجاد می‌گردد. باوجوداینکه جهات جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی هردو ازلحاظ شدت تابش یکسان هستند. ولی جهات غربی صبح‌ها و جهات شرقی بعدازظهرها انرژی دریافت می‌کنند لذا از بین این دو جهت، جهات به‌طرف غرب انتخاب‌شدند. در بیان انتخاب این جهات می‌توان به این نکته اشاره کرد در مواقع سرد سال جهت تابش موازی امتداد شبکه معابر می‌گردد و این درست مقارن بازمانی است که دمای هوا به اوج روزانه می‌رسد و تمام سطح معابر نیز از پرتوافشانی خورشید بهره‌مند می‌گردد. تداخل این دو عامل سینرژی مثبت ایجاد می‌کند و درنتیجه مشکلات ناشی از ماندگاری برف و یخ در سطح خیابان‌ها و کوچه‌ها به حداقل می‌رسد. در صورت انتخاب معابر با جهت جنوب‌شرقی – شمال‌غربی، بهتر است ارتفاع ساختمان‌های جهت غربی معبر را کاهش‌داد تا مدت‌زمان نفوذ آفتاب به معابر در مواقع سرد افزایش یابد. همچنین جهت شرقی - غربی نیز به‌عنوان نامطلوب‌ترین جهت انتخاب شد، چراکه در این جهت نیمه جنوبی معابر در بیشترین روزهای مواقع سرد در سایه قرار می‌گیرند و پوشش‌های یخ و برف فرصت ذوب شدن به دست نمی‌آورند. با توجه به اینکه جهت وزش بادهای سرد و نامطلوب زمستان در جهات جنوب - شمال که در فصل زمستان باعث برودت می‌گردد، است و این جهات با جهت جنوب‌غربی- شمال‌شرقی زاویه ۴۵ درجه می‌سازد. می‌توان نتیجه گرفت که جهات بهینه انتخاب‌شده در رابطه با تأثیر آفتاب، ازنظر جلوگیری از تأثیر برودت بادهای سرد نیز جهت‌های مناسبی هستند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

نتیجه گیری

بر اساس اصول و اولویت‌های تعیین‌شده، نما یا نماهای اصلی ساختمان باید در جهتی قرار بگیرند که در آن جهت بتوانند از بیشترین تابش آفتاب در زمستان و کمترین تابش در تابستان بهره‌مند شود، پس از بررسی شرایط اقلیمی منطقه‌ی طرح، مناسبترین جهت برای استقرار ساختمان‌های دارای یک نمای اصلی به ترتیب جهت‌های جنوبی و ۱۵ درجه شرقی و در ساختمان‌های دارای دو نمای اصلی به ترتیب جهت‌های جنوبی-شمالی و ۱۵ درجه غربی جهت‌های مناسب قرارگیری ساختمان شناخته‌شدند. همچنین یافته‌های تحقیق حکایت از آن دارد که در اقلیم بروجرد قرارگیری معابر در راستای جنوب‌غربی- شمال‌شرقی و بعدازآن در جهت ۶۰ درجه غربی بهینه‌ترین حالت برای بهره‌برداری گذر پیاده و کاربری‌های مجاور آن از شرایط دمایی مطلوب است. این در حالی است که پیرنیا جهت شمال شرقی به جنوب غربی را بهترین جهت برای اقلیم سرد دانسته‌است، طاووسی نیز راستای شمال‌شرقی- جنوب‌غربی و شمالی- جنوبی را به‌عنوان جهات مناسب‌تر برای معابر شهرهای سردسیر معرفی کرده و مفیدی شمیرانی نیز جهت‌گیری بهینه اقلیمی پیاده راه‌ها در منطقه سرد تبریز را موردبررسی قرار داده و راستای شمال شرقی- جنوب غربی را به‌عنوان بهینه‌ترین حالت برای بهره‌برداری گذر پیاده و کاربری‌های مجاور آن در نظر گرفته است.

بنا بر یافته‌های پژوهش لشکری نیز بهترین جهت معابر شهر سقز جهات شمالی – جنوبی و ۱۵ تا ۳۰ درجه انحراف از جنوب به سمت غرب است. مفیدی شمیرانی نیز، جهت‌گیری پیاده‌راه در راستای شمال شرقی جنوب غربی را بهینه‌ترین حالت برای بهره‌برداری از شرایط دمایی مطلوب در تبریز معرفی می‌کند. با نگاه کلی به معابر و خیابان‌های شهر بروجرد، دیده می‌شود که خیابان‌هایی که از مطلوبیت دمایی هم‌زمان در فصول سرد و گرم برخوردار هستند، عمدتاً در جهت جنوب‌غربی- شمال‌شرقی قرار دارند، از طرفی کشیدگی خانه‌های سنتی بروجرد که از مصادیق معماری پایدار در این شهر محسوب می‌گردند مانند خانه مغیث‌الاسلام، حافظ‌الصحه و روناسی در جهت شرقی- غربی است یعنی جهت‌گیری این خانه‌ها به‌صورت شمالی- جنوبی است.

لذا به‌منظور تأمین همه‌جانبه اهداف این پژوهش توجه به نکات زیر نیز پیشنهاد می‌گردد:

- در مدخل غربی معابر جنوب‌غربی- شمال‌شرقی می‌بایست بادشکن وجود داشته باشد و طول معبر نباید از طول بادشکن کمتر باشد.
- ضلع جنوبی معابر شرقی- غربی باید به‌طور متناوب قطع‌شده باشد تا امکان تابش آفتاب به ناحیه‌ای که به‌طور مداوم در سایه قرار دارد را فراهم نماید.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

- استفاده از بریدگی‌ها و انشعابات در قسمت‌های محروم از آفتاب معابر و هدایت آفتاب به درون معابر.
- به‌منظور جلوگیری از آفتاب تابستان در حاشیه معابر می‌توان با ایجاد فضاهای سبز (درختان خزان‌دار) از تابش تابستانی بدون اینکه مانعی در برابر تابش زمستانی باشد استفاده‌کرد.
- ارتفاع دیوار معابر بروجرد باید از عرض آن‌ها کمتر بوده و درختان خزان‌دار در آن کاشته‌شود.
- استفاده از پوشش‌های تیره‌رنگ که جاذب انرژی تابشی خورشید بوده، مانع انعکاس نور شود و درخشندگی را کاهش‌دهد.
- استفاده از مصالح مات و غیر لغزنده برای رمپ‌ها و پله‌ها و شیب دادن به کف پله به‌منظور جلوگیری از تجمع آب و تشکیل یخ درروی آن
- کاشت متناوب درختان به‌جای کاشت ردیفی که تشدیدکننده جریان باد است.
- استفاده از بلوک‌های بتنی یا سنگی یا سطح خشن زبر و بافاصله در بین بلوک‌ها در پیاده‌روها می‌تواند ازیک‌طرف به دلیل وجود خاک بین بلوک‌ها ذوب یخ‌ها را سریع‌تر کرده واژ طرف دیگر مانع لغزندگی معابر گردد.

لذا با توجه به نتایج این پژوهش انتظار می‌رود که در هنگام برنامه‌ریزی شبکه معابر شهری کلیه ابعاد معماری، شهرسازی و ترافیکی به‌صورت یکپارچه در نظر گرفته شوند.

منابع و مأخذ

۱.امیدوار، کمال (۱۳۹۰). **تعیین مطلوبیت شرایط آسایش مدارس شهر یزد بر اساس شاخصهای زیست‌اقلیمی**. نشریه شهر و معماری بومی . شماره ۱، صفحه ۱۱۴

۲.-اوکتای، دریا (۱۳۸۶). **طراحی با نگرش به اقلیم در محیط‌های مسکونی؛ تجزیه‌وتحلیلی در شمال قبرس**. فصلنامه آبادی، شماره ۲۰ (پیاپی ۵۵)، صفحه ۲۰

۳.پیرنیا، محمد کریم (۱۳۷۲)، **آشنایی با معماری اسلامی ایران**، تهران، انتشارات علم و صنعت، صفحه ۲

۴.راز جویان، محمود (۱۳۸۸)،**آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم**، تهران، دانشگاه شهید بهشتی

۵.شقاقی، شهریار و مفیدی، سید مجید (۱۳۸۷)، **رابطه توسعه پایدار و طراحی اقلیمی بناهای منطقه سرد و خشک (مورد مطالعاتی تبریز)**، نشریه علوم تکنولوژی و محیط‌زیست، شماره ۳،صفحه ۱۰۶

۶.شمس، مجید و خداکرمی، مهناز (۱۳۸۹)، **بررسی معماری سنتی همساز با اقلیم سرد مطالعه**

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

موردی: سنندج، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۱۰، صفحه ۱۰۰

۷.شیخ بیگلو، رعنا و محمدی، جمال (۱۳۸۹)، **تحلیل عناصر اقلیمی باد و بارش با تأکید بر طراحی شهری مطالعه موردی شهر اصفهان**، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره پیاپی ۳۹، صفحه ۸۳

۸.طاووسی، تقی (۱۳۸۱)، **تابش زمستانی خورشید و شهرسازی در اصفهان**، نشریه علمی فنی سازمان جغرافیایی، شماره ۴۳

۹.طاووسی، تقی. (۱۳۹۰)، **کاربرد اقلیمی تابش خورشیدی در برنامه‌ریزی محیطی**، دانشگاه سیستان و بلوچستان با همکاری انتشارات مرندیز

۱۰. کسمایی، مرتضی (۱۳۷۸)، **راهنمای طراحی اقلیمی**، تهران، انتشارات کاکتوس

۱۱. کسمایی، مرتضی (۱۳۸۲)، **اقلیم و معماری**، اصفهان،انتشارات خاک

۱۲. محمودی نژاد، هادی و تقوایی، علی‌اکبر (۱۳۸۵)، **مسکن خورشیدی التزام کاربست انرژی خورشیدی در طراحی مسکن مفاهیم و ارزیابی کیفی**، نشریه‌ی پیام مهندس، شماره ۳۴، صفحه ۸

۱۳. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، بخش تحقیقات طراحی محیط و انرژی، (۱۳۷۸)، **ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد معلول جسمی- حرکتی**، تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، صفحه ۱۹

۱۴. مسعودیان، ابوالفضل و حسنعلی غیور (۱۳۸۰)، **نخستین گام در مدل‌سازی اقلیمی**، (ترجمه)، انتشارات دانشگاه اصفهان، صفحه ۱۱۱

Olgyay،V. (1963).***Design with climate***: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalisum, Princetion University Press, Princetion.

Givoni.،B.. (1989).Man، ***Climate and Architecture***،John،Willy USA.

United Nation, (1970), ***Design of lowcost Housing and Community facilities VOI.I Climate and House Design***, New York

de la Espriella, Carlos, 2002, ***Improving Comfort by Using Passive Climatic Design***: The Case of an Existing Mediumscaled Institutional Building in Bogotá, Colombia, Architecture, Energy & Environment HDM – Housing Development and Management, Lund University, Sweden, pp. 1-14.

Nahiduzzaman, Kh Md and Haas, Tigran, (2008), ***Micro Climatic House Design***: a Way to Adapt to Climatic Change? The Case of Ghar Kumarpur Village in Bangladesh,

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]

Theoretical and Empirical Researches in Urban Management, Year 3, Number 9, pp. 54-73.

Oliver, J.E.and Fairbridge, R.W. (1989). ***The encyclopedia of climatology***, Van NostramdReinhold, New York, USA.

Bonnie, Michael, (2001), ***sustainable Desert Housing***: from the Dwell into the DesertCommunity, ***Sustainable Development of Communities A Regional Dysprosium***, UNDP, IRAN

Mertens, Elke (1999). ***Bioclimate and city planning***, open space planning, Atmospheric Environment 33.

Watson, D & Labs, K. (1983), ***Climatic designe***, Newyork, MeGraw – Hill BookCompany.

Graves, S.C. and Willems, S.P. (2000), "***Optimizing strategic safety stock placement in supply chains***", Manufacturing and Service Operation Management, 2(1), pp 68-83.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.42.4.9]