

طراحی اقلیمی فرم، نسبت ابعادی و جهت استقرار ساختمان بر اساس تابش خورشید در شهر تهران

حسن اکبری* - استادیار گروه معماری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
اسماعیل ابراهیمی - استادیار گروه جغرافیا، واحد پارس‌آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس‌آباد مغان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۰۶

چکیده

با توجه به شرایط خاص جغرافیایی- اقلیمی و مصرف بسیار بالای انرژی‌های فسیلی در شهر تهران، طراحی و ساخت بناها و فضاهای شهری همساز با اقلیم و در راستای بهره‌مندی مطلوب از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی ضروری است. ویژگی‌های کلیدی ساختمان‌ها نقش بسیار مهمی در تنظیم شرایط خرد اقلیم و وضعیت حرارتی فضاهای داخلی و بیرونی ساختمان‌ها دارد. هدف این تحقیق تعیین فرم، نسبت ابعادی و جهت‌گیری مناسب ساختمان‌ها بر اساس میزان دریافت تابش خورشیدی در شهر تهران است. در این تحقیق شش فرم هندسی از جمله مربع، مستطیل، شش ضلعی، هشت ضلعی، شانزده ضلعی و سی و دو ضلعی (دایره) با مساحت و ارتفاع برابر و در راستای رو به جنوب مورد مطالعه قرار گرفت. با استفاده از نرم‌افزار Q-BASIC، زاویه سمت و ارتفاع خورشید استخراج شده، سپس بر اساس روش محاسباتی "قانون کسینوس"، میزان انرژی تابشی دریافتی سطوح قائم ساختمان‌ها در ۳۲ جهت جغرافیایی محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین میزان انرژی دریافتی سالانه مربوط به فرم مستطیل با راستای شمالی- جنوبی و کمترین نیز مربوط به فرم مستطیل با راستای شرقی- غربی است. بهترین فرم ساختمان در شهر تهران، مستطیل با راستای شرقی- غربی و بعد از آن فرم مربع است. مناسب‌ترین نسبت ابعادی برای فرم مستطیل با راستای شرقی- غربی در شهر تهران، نسبت ۱:۱/۴ است. مناسب‌ترین جهات استقرار ساختمان برای نسبت ابعادی تعیین شده، جهت ۱۶۵ درجه جنوب شرقی و غربی و بعد از آن جهت رو به جنوب است.

واژه‌های کلیدی: فرم، نسبت ابعادی و جهت بهینه ساختمان، انرژی خورشیدی، قانون کسینوس، شهر تهران

نحوه استناد به مقاله:

اکبری، حسن و 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)، ۱۱۷۵-۱۱۸۸.

http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article_672816.html

مقدمه

با افزایش رشد شهرنشینی و ازدیاد روزافزون جمعیت در دهه‌های اخیر، تقاضا برای مصرف سوخت‌های فسیلی شامل نفت، گاز طبیعی و زغال‌سنگ به‌عنوان منابع اصلی انرژی بشر به شدت رو به افزایش است؛ رو به اتمام بودن منابع سوخت‌های فسیلی و آلودگی و تخریب روزافزون محیط‌زیست، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش دمای اتمسفر و پدیده تغییرات آب و هوایی، گزینه استفاده و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر هم‌چون انرژی خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی، زیست‌توده، آبی و غیره را امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر نموده است. میزان مصرف انرژی‌های فسیلی در شهر تهران بسیار بالا است. میزان مصرف برق در سال ۱۳۸۸ در شهر تهران در مجموع ۳۰۹۶۶ میلیون کیلووات ساعت و میزان گاز مصرفی ۲۹۷۶۶ میلیون مترمکعب است. ۳۷/۱ درصد مصرف برق و ۹۳ درصد مصرف گاز در شهر تهران مربوط به بخش خانگی است. همچنین ۱۰/۵ درصد از کل حامل‌های انرژی کشور در شهر تهران مصرف می‌شود (Fazeli & Heidari, 2013: 88-89). لذا در شهری مانند تهران به‌عنوان بزرگترین مصرف‌کننده انرژی در کشور که با انواع مشکلات زیست محیطی دست به‌گریبان است، بهینه‌سازی مصرف انرژی در مناطق مسکونی شهر یک ضرورت است. این مهم با رعایت ضوابط معماری و شهرسازی بهینه‌سازی مصرف انرژی همچون استفاده مناسب از اقلیم منطقه و بهره‌گیری از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر که رایگان و بدون آلودگی هستند، قابل دستیابی است (Fazeli & Heidari, 2013: 85). به منظور دریافت بهینه انرژی خورشیدی در شهر تهران، ساختمان‌ها لازم است طوری طراحی شوند که در مواقع سرد سال حداکثر انرژی تابشی خورشید و در مواقع گرم سال کمترین میزان انرژی خورشیدی را دریافت نمایند. این تحقیق برآن است تا با بررسی میزان انرژی تابشی دریافتی سطوح قائم خارجی ساختمان‌ها، فرم، نسبت ابعادی و جهت‌گیری مناسب ساختمان را مطابق با اقلیم شهر تهران تعیین نماید.

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 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 (Wei et al, 2016: 183). از زمان توسعه ابزارهای شبیه‌سازی انرژی، تاثیر شکل و فرم ساختمان بر عملکرد انرژی به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعات نشان داده‌اند که بین فشردگی (نسبت سطح پوسته خارجی به حجم) ساختمان و مصرف انرژی آن همبستگی وجود دارد و فرم‌های بامیزان فشردگی بالا، مصرف انرژی کمتری به‌ویژه در اقلیم سرد و گرم دارند (Ourghi et al, 2007: 300; Al-Anzi et al, 2009: 822; Depecker et al, 2001: 627). همچنین شکل ساختمان تاثیر قابل توجهی در هزینه‌های ساختمانی و هزینه‌های انرژی ساختمان‌ها دارد (Mingfang, 2002: 659; Ourghi et al, 2007: 304; Pacheco et al, 2012: 3559).

آلنزی و همکاران، متراکم‌سازی را به‌عنوان یک شاخص در ارزیابی تاثیر شکل بر عملکرد انرژی ساختمان بکار بردند (Al-Anzi et al, 2009: 822). فرم و پوسته خارجی ساختمان مهمترین پارامترهای موثر بر اقلیم داخلی بوده (Hemsath & Bandhoseini, 2003: 383; Alagheband, 2015: 526) و اندازه و جهت استقرار پوسته خارجی بر عملکرد حرارتی ساختمان تاثیر مستقیم دارند. تعیین فرم، جهت و ساختار مناسب پوسته خارجی می‌تواند مصرف انرژی ساختمان را تا ۴۰ درصد کاهش دهد (Wang et al, 2006: 363). بررسی رابطه فرم ساختمان‌های مسکونی با میزان مصرف انرژی آن‌ها در اقلیم گرم و خشک شهر سمنان، نشان می‌دهد که بین اشکال بدون سایه (مربع، مستطیل و دوزنقه)، مربع کارایی بهتری نسبت به مستطیل دارد و پس از آن مستطیل با نسبت ابعاد ۱/۳ مناسب است. در میان اشکال سایه‌انداز (L، U، H و T)، شکل L با نسبت عمق ۲ به ۳ جهت‌گیری بال به سمت غرب و شمال و زاویه بین بال‌های آن ۷۰ درجه، بهترین گزینه از لحاظ کارایی انرژی است. همچنین درمقایسه بین اشکال سایه‌انداز و بدون سایه، شکل L نسبت به مربع و مستطیل کارایی بهتری در مصرف انرژی دارد (Zarghami et al, 2016: 75). در بررسی و امکان‌سنجی تاثیر فرم و تراکم بلوک‌های مسکونی بر مصرف انرژی در شهر جدید هشتگرد، یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که با اعمال تغییر در فرم، تراکم، جهت‌گیری و ارتفاع ساختمان‌های مسکونی، می‌توان تا حدود ۴۵

درصد از میزان مصرف انرژی ساختمان کاست (Rafiyan et al, 2011: 115). در تحلیل کارایی انرژی در مدل‌های بافت شهری اقلیم گرم و خشک شهر اصفهان، نتایج نشان می‌دهد فرم‌های کشیده (مستطیل شکل) نسبت به فرم‌های مربع در تفکیک قطعات، الگوی بهینه‌تری است. خانه‌هایی که توده آن‌ها در مرکز قطعه واقع شده است، دارای مصرف کمتری نسبت به خانه‌هایی هستند که توده در جنوب شرقی، شمال شرقی و چهار طرف قطعه واقع شده‌اند. افزایش نفوذپذیری تاثیر قابل توجهی بر کاهش میزان مصرف انرژی روشنایی دارد، ولی در حالت کلی نمی‌توان نتیجه معناداری میان افزایش نفوذپذیری بلوک‌های شهری و میزان کل انرژی مصرفی بیان نمود؛ زیرا با افزایش دسترسی‌ها به همان نسبت، میزان اتلاف انرژی از طریق جداره‌ها افزایش می‌یابد (Farrokhi et al, 2018: 144). در بررسی فرم مناسب ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران، فرم مناسب ساختمان بلند از نظر دریافت تابش خورشیدی فرمی است که بیشترین میزان تابش دریافتی در فصل زمستان و کمترین را در فصل تابستان داشته باشد. البته با توجه به راهکارهای سامانه‌های غیرفعال، میزان دریافت در فصل زمستان در اولویت است. در نهایت جهت دستیابی به فرم مناسب خورشیدی گزاره‌هایی هم‌چون افزایش سطح پوسته جنوبی فرم، سایه‌اندازی خود ساختمان بر روی خود در فصل تابستان، پرهیز از فرم‌های محدب و مقعر و استفاده از فرم‌های هرم یا هرم ناقص پیشنهاد شده است (Shafiei et al, 2014: 57-58). در مقاله ملاحظیات اولیه طراحی برای بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های بلند مرتبه اداری در آمستردام (اقلیم معتدل)، سیدنی (نیمه گرمسیری) و سنگاپور (گرمسیری)، تاثیر فرم، عمق پلان، جهت و سطح بازشو برای بهره‌وری انرژی مورد بررسی قرار گرفت. در اکثر عوامل هندسی مورد مطالعه، بیشترین تفاوت بین بهترین و بدترین راه‌حل طراحی در اقلیم نیمه گرمسیری اتفاق می‌افتد. هم‌چنین عوامل هندسی جهت‌گیری، فرم پلان، عمق پلان و نسبت سطح بازشو به دیوار به ترتیب بیشترین تا کمترین تاثیر را بر عملکرد انرژی دارند. از نظر بهره‌وری انرژی، شکل بیضی بهترین و شکل Y بدترین شکل در تمام شرایط آب و هوایی است. فرم هشت ضلعی دارای بیشترین بهره‌وری انرژی برای اقلیم گرمسیری است (Raji et al, 2017: 22; Raji et al, 2016: 134). تحقیقات دیگر نشان داد که شکل دایره‌ای مطلوب‌ترین فرم در اقلیم گرمسیری است (Rashidi & Embi, 2016: 777; Chia et al, 2007: 27).

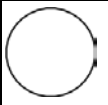
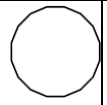
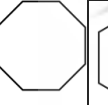
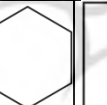
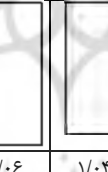
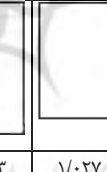
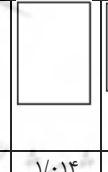

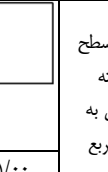
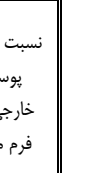
در بررسی تاثیر نسبت ابعادی بر بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های مسکونی چند طبقه در کانادا، نتایج نشان می‌دهد نسبت ابعادی و جهت استقرار تاثیر زیادی بر بهره‌وری انرژی دارد. بهترین نسبت ابعادی در شهرهای مورد مطالعه نسبت ۱:۱/۳ و ۱:۱/۵ با راستای شرقی- غربی است (McKeen & Fung, 2014: 347-349). در بررسی تاثیر جهت‌گیری ساختمان بر مصرف انرژی در یک ساختمان داخلی با استفاده از BIM، نتایج نشان می‌دهد بهترین جهت ۱۸۰+ درجه و بدترین جهت ۴۵+ درجه است (Abanda & Byers, 2016: 517). در بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه‌های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی در شهر شیراز، نتایج نشان می‌دهد خانه‌های با جهت‌گیری اقلیمی مناسب مانند جهت جنوب شرقی و شمال غربی از نظر میزان دریافت انرژی و مصرف در شرایط مناسب هستند (Barzegar & Hedari, 2012: 55; Barzegar et al, 2012: 112). زمانی و همکاران در تعیین جهت‌های مناسب استقرار ساختمان به منظور دریافت بهینه تابش خورشیدی در شهر زنجان، نشان دادند بهترین جهت استقرار برای ساختمان‌های یک‌طرفه به منظور دریافت بهینه انرژی خورشید در دوره‌های سرد و گرم سال جهت‌های ۱۳۵ درجه جنوب شرقی و غربی است (Zamani et al, 2016: 85). در مقاله بهینه‌سازی جهت‌گیری فضاهای آزاد و بناهای ساختمانی اقلیم سرد با تاکید بر تابش آفتاب در شهر بروجرد، نتایج نشان داد که بهترین جهت‌های استقرار ساختمان در بروجرد به منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی، جهت‌های جنوبی- شمالی و بعد از آن جهت ۱۵ درجه غربی است و بهترین جهت استقرار معابر راستای جنوب غربی- شمال شرقی و بعد از آن جهت ۶۰ درجه غربی است (Hedayatian & Goodarzi, 2016: 79). در مطالعه معماری ساختمان‌های شهر تهران بر اساس عناصر اقلیمی، نتایج نشان می‌دهد که جهت تامین آسایش حرارتی مناسب‌ترین جهت استقرار ساختمان جهت شمالی- جنوبی با کشیدگی در راستای شرقی- غربی است (Habibi-Khmeneh & Mohammadi, 2014: 51). خیرآبادی و همکاران در بررسی نقش جهت‌گیری کالبد فضاهای شهری در میزان آسایش اقلیمی شهروندان بندرعباس، نشان دادند که بر اساس عامل آفتاب‌گیری و باد، جهت شمالی- جنوبی مناسب‌ترین و جهت شرقی- غربی نامطلوب‌ترین جهت‌گیری برای فضاهای باز شهری از نظر اقلیمی است (Kheirabadi et al, 2017: 29). در مقاله بهینه‌سازی جهت‌گیری استقرار ساختمان در شهرکاشان براساس شرایط اقلیمی، نتایج نشان می‌دهد که ایده‌آل‌ترین جهت برای اصلی ساختمان‌های یک طرفه جهت ۱۸۰ درجه است. جهت مناسب برای ساختمان‌های دوطرفه مربوط به جهت شمال- جنوب و برای ساختمان‌های چهار

طرفه جهت ۱۵۰° و ۳۰° است (Karbalae Doree & Hejazizadeh, 2017: 102). در بهینه‌سازی جهت‌گیری ساختمان‌ها در برابر تابش شهر شیراز، نتایج نشان می‌دهد که جهت‌های بهینه برای استقرار ساختمان جهت جنوب و ۱۶۵° جنوب شرقی و غربی است. از میان این جهت‌ها و با در نظر گرفتن نمای یک طرفه و دو طرفه بناها، جهت جنوب به دلیل جذب حداکثر انرژی در مواقع سردسال و جذب کمتر انرژی در مواقع گرم سال به عنوان جهت مطلوب تشخیص داده شد (Karami Kord Alivand & Narengi Fard, 2017: 117).

روش پژوهش

برای مطالعه شرایط زیست-اقلیم ساختمانی شهر تهران، آمار مربوط به فاکتورهای اقلیمی همچون متوسط حداقل و حداکثر دما و رطوبت نسبی، دمای ساعتی و ساعات آفتابی روزانه از ایستگاه‌های سینوپتیک فرودگاه مهرآباد، چیتگر، ژئوفیزیک و شمیران تهران در دوره آماری ۱۷ ساله از سال ۱۳۹۶-۱۳۸۰ شمسی تهیه گردید. با استفاده از نرم‌افزار Q-BASIC زاویه آزیموت و ارتفاع خورشید در عرض جغرافیایی مورد نظر استخراج گردید. سپس با استفاده از روش محاسباتی قانون کسینوس، میزان دریافت مستقیم انرژی تابشی سطوح خارجی قائم ساختمان در ۳۲° جهت جغرافیایی محاسبه و پردازش گردید. فرم، نسبت ابعادی و جهت‌های بهینه استقرار بر اساس بیشترین اختلاف تابش دریافتی در دوره‌های سرد و گرم سال و میزان اتلاف و جذب انرژی مشخص گردید. در این تحقیق شش فرم چند وجهی متداول از جمله مربع، مستطیل با راستای شمالی-جنوبی و شرقی-غربی، شش ضلعی، هشت ضلعی، شانزده ضلعی و سی و دو ضلعی (دایره) مورد بررسی قرار گرفت. تمامی فرم‌ها با مساحت کف و ارتفاع برابر و در راستای جنوب مورد بررسی قرار گرفته است. نسبت‌های ابعادی مورد مطالعه در فرم مستطیل $۱:۱/۲$ ، $۱:۱/۴$ ، $۱:۱/۶$ ، $۱:۱/۸$ و $۱:۲$ بوده و راستای قرارگیری فرم و نسبت ابعادی بهینه، جهت رو به جنوب، ۱۶۵° ، ۱۵۰° ، ۱۳۵° و ۱۲۰° درجه جنوب شرقی و غربی است. نسبت سطح خارجی فرم‌های مورد مطالعه به فرم مربع طبق جدول (۱) است.

جدول ۱. نسبت سطح خارجی فرم‌های مورد مطالعه به پوسته خارجی فرم مربع

۳۲ ضلعی (دایره)	۱۶ ضلعی	۸ ضلعی	۶ ضلعی	مستطیل شرقی-غربی و شمالی-جنوبی					مربع	نسبت سطح پوسته خارجی به فرم مربع
				۱:۲	۱:۱/۸	۱:۱/۶	۱:۱/۴	۱:۱/۲		
										
۰/۸۸۸	۰/۸۹۲	۰/۹۱	۰/۹۳	۱/۰۶	۱/۰۴۳	۱/۰۲۷	۱/۰۱۴	۱/۰۰۴	۱/۰۰	

روش محاسبه انرژی تابشی: اندازه و شدت پرتو و یا موج رسیده به یک سطح برابر است با حاصل ضرب اندازه و شدت پرتو در حالت عمود بر سطح در کسینوس زاویه بین جهت نرمال (خط عمود بر سطح) و امتداد پرتو تابیده شده. این رابطه به قانون کسینوس معروف است. میزان تابش مستقیم خورشیدی رسیده به یک سطح در روی سطح زمین بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد (Watson & Labs, 1983; Kasmai, 2002: 28).

$$I_s = I_N \cos \theta_z \quad (۱)$$

در رابطه ۱، I_s شدت تابش بر روی سطح بر حسب $(BTU/H/FT^2)$ ، I_N شدت تابش خورشید بر روی سطح عمود بر پرتوی خورشید بر حسب $(BTU/H/FT^2)$ و θ_z زاویه میان شعاع خورشید و خط عمود بر سطح بر حسب درجه است. در رابطه بالا مقدار I_N از طریق فرمول زیر محاسبه می‌گردد که توسط استیونسن پیشنهاد شده است (Ashrae, 1995; Kasmai, 2002).

$$I_{DN} = I^{\circ} \exp(-\alpha / \sinh) \quad (۲)$$

در رابطه ۲، I_{DN} حرارت حاصل از تابش مستقیم و عمودی آفتاب بر حسب $(BTU/H/FT^2)$ ، I° ثابت خورشیدی بر حسب $BTU/H/FT^2$ ، α ضریب خاموشی (Ashrae, 1995)، h زاویه تابش خورشید بر حسب درجه است. همچنین θ_z زاویه تلاقی میان خورشید و خط عمود بر یک سطح عمودی (دیوار) است که به وسیله معادله کسینوس کروی معین می‌گردد.

$$\cos \theta_z = \cosh \cos(Z - N) \quad (۳)$$

در رابطه ۳، h زاویه تابش، Z زاویه جهت تابش و N زاویه جهت دیوار که در مسیر عقربه‌های ساعت از طرف شمال و بر حسب درجه اندازه‌گیری می‌شود.

روش محاسبه دمای ساعتی: با استفاده از روش اربز و بر اساس میانگین بیشینه، کمینه و متوسط دمای ماهیانه، دمای ساعتی بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد (Erbs, 1983).

$$Th = t + (t_{max} - t_{min}) \times (0.4632 \cos(f - 3.805) + 0.0984 \cos(2f - 0.36) + 0.0168 \cos(3f - 0.822) + 0.0138 \cos(4f - 3.517))$$

(۴)

در رابطه ۴، t میانگین دمای ماهیانه، tmax میانگین دمای حداکثر و tmin میانگین دمای حداقل ماهیانه بر حسب درجه است. مقدار f بر اساس ساعت مورد نظر از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$f = 3.14(\text{hours} - 1)/12 \quad (۵)$$

قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهر تهران با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه و طول ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه در ارتفاع ۱۱۹۰ متر از سطح دریا و در حد فاصل منطقه کوهستانی و دشت قرار دارد. سه عامل رشته کوه‌های البرز در شمال، وزش بادهای باران‌زای غربی و دشت کویر در جنوب استان بر اقلیم شهر تهران نقش موثری دارند. غیر از شمال تهران که تحت تاثیر کوهستان، آب و هوای آن تا حدی معتدل و مرطوب است، آب و هوای بقیه شهر نیمه خشک و در زمستان‌ها اندکی سرد است. دمای هوای شهر تهران در زمستان معتدل و در تابستان گرم است. میانگین بیشینه، کمینه و متوسط سالیانه دمای شهر تهران به ترتیب ۲۲/۴، ۱۲/۷ و ۱۷/۴ درجه و متوسط رطوبت نسبی سالیانه ۳۹/۷ درصد است (www.irimo.ir).

با استفاده از تغییرات دمای ساعتی و دمای پایه جهت محاسبه روز-درجه گرمایش و روز-درجه سرمایش، مواقع نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی مشخص می‌گردد. دمای پایه جهت محاسبه روز-درجه سرمایش، ۲۱ درجه و برای روز-درجه گرمایش، ۱۸ درجه سانتی‌گراد است (National Building Regulations- chapter 19, 2017). آستانه دمای پایه جهت محاسبه شاخص روز-درجه گرمایش و سرمایش (مواقع نیاز به دریافت و عدم دریافت انرژی تابشی) بر اساس ۵۰ درصد داده‌های میانی منطقه آسایش، در شهر تهران (۲۲/۵ و ۲۶/۱ درجه) است (Ghanghermeh et al, 2018: 140). با توجه به حداقل دمای پایه آسایش، دمای روزانه شهر تهران در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر و آبان بالاتر از حد آسایش و در ماه‌های آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت پایین‌تر از دمای آسایش است. بر همین اساس دمای روزانه هوای شهر تهران (۴ ایستگاه) در ۴۸ درصد از مواقع سال گرم‌تر و در ۵۲ درصد سردتر از شرایط آسایش است (جدول ۲).

جدول ۲. تغییرات دمای ساعتی تهران (متوسط ایستگاه‌های مهرآباد، چیتگر، ژئوفیزیک و شمیران)

ساعت	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۲	۲/۷	۶/۹	۱۰/۷	۱۶/۳	۲۱/۷	۲۵/۶	۲۶/۴	۲۳/۹	۱۹/۱	۱۲/۱	۵/۴	۲/۴
۴	۲/۱	۶/۱	۹/۸	۱۵/۳	۲۰/۷	۲۴/۵	۲۵/۴	۲۲/۹	۱۸/۲	۱۱/۳	۴/۷	۱/۷
۶	۱/۸	۵/۸	۹/۴	۱۴/۹	۲۰/۲	۲۴/۱	۲۵	۲۲/۵	۱۷/۸	۱۱	۴/۴	۱/۴
۸	۳	۷/۲	۱۱	۱۶/۶	۲۲/۱	۲۶	۲۶/۸	۲۴/۲	۱۹/۵	۱۲/۴	۵/۷	۲/۷
۱۰	۵/۶	۱۰	۱۴/۳	۲۰/۲	۲۶	۳۰	۳۰/۷	۲۸	۲۳	۱۵/۳	۸/۳	۵/۳
۱۲	۷/۸	۱۲/۴	۱۷/۱	۲۳/۳	۲۹/۳	۳۳/۴	۳۳/۹	۳۱/۱	۲۶	۱۷/۹	۱۰/۵	۷/۵
۱۴	۹	۱۳/۸	۱۸/۶	۲۵	۳۱/۱	۳۵/۲	۳۵/۷	۳۲/۸	۲۷/۷	۱۹/۲	۱۱/۷	۸/۷
۱۶	۹/۱	۱۳/۹	۱۸/۷	۲۵/۱	۳۱/۲	۳۵/۴	۳۵/۸	۳۲/۹	۲۷/۸	۱۹/۳	۱۱/۸	۸/۸
۱۸	۷/۷	۱۲/۳	۱۶/۹	۲۳/۱	۲۹/۱	۳۳/۲	۳۳/۸	۳۰/۹	۲۵/۹	۱۷/۷	۱۰/۴	۷/۴
۲۰	۵/۸	۱۰/۲	۱۴/۵	۲۰/۵	۲۶/۳	۳۰/۳	۳۰/۹	۲۸/۲	۲۳/۳	۱۵/۶	۸/۵	۵/۵
۲۲	۴/۵	۸/۸	۱۲/۹	۱۸/۷	۲۴/۳	۲۸/۳	۲۹	۲۶/۴	۲۱/۵	۱۴/۱	۷/۲	۴/۲
۲۴	۳/۵	۷/۸	۱۱/۷	۱۷/۴	۲۲/۹	۲۶/۸	۲۷/۶	۲۵	۲۰/۲	۱۳	۶/۲	۳/۲

www.irimo.ir و محاسبات نویسنده (* دمای ساعتی بر اساس روش اربز محاسبه شده است).

یافته‌ها و بحث

اهمیت تابش آفتاب در طراحی اقلیمی به نوع اقلیم منطقه و فصول سال بستگی دارد. شدت تابش آفتاب در سطح زمین به عوامل متعددی از جمله وضعیت آب و هوا، هندسه خورشید، عرض جغرافیایی و به‌ویژه ساعات آفتابی روزانه منطقه مورد نظر بستگی دارد. مقدار انرژی خورشیدی تابیده شده به یک سطح، تابع زاویه برخورد پرتو خورشید به سطح مورد نظر بوده و با تغییر سمت و ارتفاع خورشید، مقدار انرژی خورشیدی تابیده به سطوحی که نسبت به پرتو خورشید زوایای مختلفی دارند، در طول سال و در ساعات مختلف روز کاملاً متفاوت است. با استفاده از روش محاسباتی قانون کسینوس، مقدار انرژی مستقیم دریافتی سطوح قائم در ماه‌های مختلف و در ۳۲ جهت جغرافیایی محاسبه گردید. ابتدا انرژی کل دریافتی به‌صورت نظری محاسبه شده، سپس از حاصل ضرب انرژی نظری در درصد ساعات آفتابی ماه‌های مختلف، میزان انرژی دریافتی واقعی بر روی دیوار قائم محاسبه گردید. در نهایت بر اساس حداقل دمای آسایش، میزان انرژی دریافتی بر اساس دوره‌های گرم و سرد محاسبه و اولویت‌بندی جهات استقرار ساختمان تعیین گردید. با توجه به توازن دوره گرم و سرد سال در شهر تهران، انتخاب فرم، نسبت ابعادی و جهت بهینه ساختمان‌ها، بر اساس کسب حداکثر انرژی خورشیدی در فصل سرد و حداقل انرژی در دوره گرم سال تعیین می‌گردد. جدول (۳)

جدول ۳. درصد ساعات آفتابی شهر تهران (ایستگاه‌های مهرآباد، چیتگر، ژئوفیزیک و شمیران)

شرح	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
متوسط طول روز*	۱۰	۱۱	۱۲/۱	۱۳/۲	۱۴/۱	۱۴/۴	۱۴	۱۳/۱	۱۱/۶	۱۰/۹	۱۰	۹/۶
متوسط ساعات آفتابی	۵/۴	۶/۴	۷/۲	۸/۲	۱۰/۵	۱۰/۶	۱۱	۱۰/۱	۹	۶/۱	۵/۶	۵/۶
درصد ساعات آفتابی	۰/۵۴	۰/۵۸	۰/۶	۰/۶۲	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۵۶	۰/۵۸

www.irimo.ir و محاسبات نویسنده (* طول روز بر اساس محاسبات نویسنده است).

در جدول (۴) میزان کل (سالیانه) دریافت مستقیم انرژی سطوح قائم با احتساب ضریب درصد ساعات آفتابی محاسبه و واقعی شده است.

جدول ۴. میزان انرژی دریافتی واقعی سطوح قائم با احتساب درصد ساعات آفتابی در شهر تهران (BTU/H/FT²)

زاویه دیوار	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
شمال				۲۷/۳	۱۲۸/۸	۱۸۳/۳	۱۳۱/۸	۳۰/۶				
±۱۱/۲۵			۵/۴	۶۱/۱	۱۷۳/۵	۲۲۰	۱۸۰/۸	۷۶/۳	۷			
±۲۲/۵		۳/۴	۳۶/۹	۱۳۷/۷	۲۸۰/۲	۳۲۵/۴	۲۹۳/۸	۱۷۳/۷	۵۱/۷	۴/۱		
±۳۳/۷۵		۲۵	۹۵	۲۲۸/۳	۴۱۰/۵	۴۴۹/۲	۴۳۲/۳	۲۸۹/۲	۱۳۳/۴	۲۸/۸		
±۴۵	۲۱/۵	۷۱/۴	۱۶۸/۸	۳۳۲/۳	۵۲۵/۷	۵۶۴/۵	۵۵۴/۱	۴۲۴	۲۳۶/۶	۸۰/۷	۲۰/۲	۱۳/۵
±۵۶/۲۵	۶۹/۷	۱۳۵/۸	۲۶۱/۶	۴۲۴/۲	۶۲۷/۳	۶۶۴/۷	۶۷۲/۸	۵۴۲/۴	۳۶۷	۱۵۲/۱	۶۹/۳	۵۴/۴
±۶۷/۵	۱۴۱	۲۱۳	۳۵۰/۱	۵۱۸	۷۲۴/۵	۷۳۹/۳	۷۶۵/۸	۶۶۳/۷	۴۹۰/۳	۲۳۸/۶	۱۴۱/۷	۱۲۱
±۷۸/۷۵	۲۲۵/۶	۳۰۳/۲	۴۴۳/۲	۵۹۱/۸	۷۸۳/۸	۷۸۵/۵	۸۲۹/۴	۷۶۰/۱	۶۲۰/۴	۳۳۷/۳	۲۲۸/۴	۲۰۵/۶
شرق و غرب	۳۱۶/۱	۳۸۷/۳	۵۱۹/۲	۶۴۳	۸۱۳	۸۰۱/۵	۸۶۱/۱	۸۲۷/۳	۷۲۶/۷	۴۳۰	۳۳۱/۸	۳۰۱/۳
±۱۰۱/۲۵	۴۲۳/۴	۴۸۲/۵	۵۹۷/۸	۶۸۵/۹	۸۲۴	۷۹۷/۱	۸۷۳/۹	۸۸۴/۱	۸۳۵/۷	۵۳۳/۶	۴۳۲/۹	۴۱۷/۲
±۱۱۲/۵	۵۲۸/۹	۵۶۴/۷	۶۵۳/۴	۷۰۲/۵	۸۰۳/۵	۷۶۲	۸۵۳	۹۰۷	۹۱۲/۷	۶۲۳/۶	۵۴۲/۹	۵۳۶/۱
±۱۲۳/۷۵	۶۳۲/۸	۶۴۶/۳	۷۰۱/۸	۶۹۲/۱	۷۵۲	۶۹۷/۷	۷۹۹/۴	۸۹۵/۷	۹۸۰/۲	۷۱۱	۶۵۱/۹	۶۵۷/۱
±۱۳۵	۷۳۸/۲	۷۲۱/۱	۷۲۹/۱	۶۷۳/۳	۶۷۱/۶	۶۰۶/۵	۷۱۵/۳	۸۷۳/۶	۱۰۱۷	۷۹۲/۲	۷۶۱/۷	۷۸۰/۶
±۱۴۶/۲۵	۸۴۲/۶	۷۸۸/۸	۷۵۳/۷	۶۳۹/۲	۵۸۲/۱	۴۹۸/۶	۶۲۱/۸	۸۱۸	۱۰۵۱/۳	۸۶۵/۶	۸۷۱/۹	۹۰۲
±۱۵۷/۵	۹۳۶/۴	۸۵۱/۹	۷۶۸/۶	۵۸۳	۴۷۰/۸	۳۸۰/۲	۵۰۴/۵	۷۶۱/۴	۱۰۷۲	۹۳۴	۹۶۸/۷	۱۰۰۲/۲
±۱۶۸/۷۵	۹۹۴/۲	۹۰۱	۷۸۱/۹	۵۳۳/۶	۳۷۵/۵	۲۷۸/۳	۴۰۴/۸	۷۰۰/۵	۱۰۹۰/۵	۹۸۷/۱	۱۰۲۸/۳	۱۰۶۴
جنوب	۱۰۱۳/۸	۹۱۸/۹	۷۹۱/۶	۵۰۸/۱	۳۳۴/۱	۲۴۲/۸	۳۶۱	۶۶۸/۲	۱۱۰۴/۸	۱۰۰۶	۱۰۴۸/۳	۱۰۸۴/۸

با استفاده از نتایج حاصل از جدول (۴)، میزان انرژی دریافتی سطوح قائم برای دوره‌های سرد و گرم سال محاسبه شده و به تفکیک این دو دوره در جداول (۵) و (۶) ارائه شده است.

جدول ۵. میزان انرژی دریافتی سطوح قائم با احتساب ضریب دوره سرد سال در شهر تهران (BTU/H/FT²)

زاویه دیوار	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
شمال				۱۳/۶	۴۸/۳							
±۱۱/۲۵			۵/۴	۶۱/۱	۷۲/۹							
±۲۲/۵		۳/۴	۳۶/۹	۱۳۷/۷	۱۴۰/۱				۵۱/۷	۴/۱		
±۳۳/۷۵		۲۵	۹۵	۲۲۸/۳	۲۰۵/۳				۱۳۳/۴	۲۸/۸		
±۴۵	۲۱/۵	۷۱/۴	۱۶۸/۸	۳۳۲/۳	۲۲۰/۸				۱۸۹/۳	۸۰/۷	۲۰/۲	۱۳/۵
±۵۶/۲۵	۶۹/۷	۱۳۵/۸	۲۶۱/۶	۴۲۴/۲	۲۶۷/۷				۲۹۳/۶	۱۵۲/۱	۶۹/۳	۵۴/۴
±۶۷/۵	۱۴۱	۲۱۳	۳۵۰/۱	۵۱۸	۳۰۴/۳				۳۲۳/۶	۲۳۸/۶	۱۴۱/۷	۱۲۱
±۷۸/۷۵	۲۲۵/۶	۳۰۳/۲	۴۴۳/۲	۵۹۱/۸	۳۲۹/۲				۴۰۹/۵	۳۳۷/۳	۲۲۸/۴	۲۰۵/۶
شرق و غرب	۳۱۶/۱	۳۸۷/۳	۵۱۹/۲	۵۴۶/۵	۳۰۴/۹				۴۱۴/۲	۴۳۰	۳۲۱/۸	۳۰۱/۳
±۱۰۱/۲۵	۴۲۳/۴	۴۸۲/۵	۵۹۷/۸	۵۸۳/۱	۳۰۹				۴۷۶/۴	۵۳۳/۶	۴۳۲/۹	۴۱۷/۲
±۱۱۲/۵	۵۲۸/۹	۵۶۴/۷	۶۵۳/۴	۵۹۷/۲	۳۰۱/۳				۵۲۰/۲	۶۲۳/۶	۵۴۲/۹	۵۳۶/۱
±۱۲۳/۷۵	۶۳۲/۸	۶۴۶/۳	۷۰۱/۸	۵۸۸/۳	۲۸۲				۴۹۰/۱	۷۱۱	۶۵۱/۹	۶۵۷/۱
±۱۳۵	۷۳۸/۲	۷۲۱/۱	۷۲۹/۱	۵۰۵	۲۵۱/۹				۴۴۷/۵	۷۹۲/۲	۷۶۱/۷	۷۸۰/۶
±۱۴۶/۲۵	۸۴۲/۶	۷۸۸/۸	۷۵۳/۷	۴۷۱/۹	۱۹۲/۱				۴۶۲/۶	۸۶۵/۶	۸۷۱/۹	۹۰۲
±۱۵۷/۵	۹۳۶/۴	۸۵۱/۹	۷۶۸/۶	۳۸۴/۸	۱۱۷/۷				۴۲۸/۸	۹۳۴	۹۶۸/۷	۱۰۰۲/۲
±۱۶۸/۷۵	۹۹۴/۲	۹۰۱	۷۸۱/۹	۳۲۰/۲	۴۶/۹				۳۹۲/۶	۹۸۷/۱	۱۰۲۸/۳	۱۰۶۴
جنوب	۱۰۱۳/۸	۹۱۸/۹	۷۹۱/۶	۲۲۳/۶					۲۹۸/۳	۱۰۰۶	۱۰۴۸/۳	۱۰۸۴/۸

جدول ۶. میزان انرژی دریافتی سطوح قائم با احتساب ضریب دوره گرم سال در شهر تهران (BTU/H/FT²)

زاویه دیوار	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
شمال				۱۳/۶	۸۰/۵	۱۸۳/۳	۱۳۱/۸	۳۰/۶				
±۱۱/۲۵				۱۰۰/۶	۱۰۰/۶	۲۲۰	۱۸۰/۸	۷۶/۳				
±۲۲/۵				۱۴۰/۱	۱۴۰/۱	۳۲۵/۴	۲۹۳/۸	۱۷۳/۷				
±۳۳/۷۵				۲۰۵/۳	۲۰۵/۳	۴۴۹/۲	۴۲۲/۳	۲۸۹/۲				
±۴۵				۳۰۴/۹	۳۰۴/۹	۵۶۴/۵	۵۵۴/۱	۴۲۴	۴۷/۳			
±۵۶/۲۵				۳۶۹/۶	۳۶۹/۶	۶۶۴/۷	۶۷۲/۸	۵۴۲/۴	۷۳/۴			
±۶۷/۵				۴۲۰/۲	۴۲۰/۲	۷۳۹/۳	۷۶۵/۸	۶۶۳/۷	۱۶۶/۷			
±۷۸/۷۵				۴۵۴/۶	۴۵۴/۶	۷۸۵/۵	۸۲۹/۴	۷۶۰/۱	۲۱۰/۹			
شرق و غرب	۹۶/۴	۹۶/۴	۵۰۸/۱	۸۰/۱/۵	۸۰/۱/۵	۸۶۱/۱	۸۲۷/۳	۸۲۷/۳	۳۱۲/۵			
±۱۰۱/۲۵	۱۰۲/۹	۱۰۲/۹	۵۱۵	۷۹۷/۱	۷۹۷/۱	۸۷۳/۹	۸۸۴/۱	۳۵۹/۴				
±۱۱۲/۵	۱۰۵/۴	۱۰۵/۴	۵۰۲/۲	۷۶۲	۷۶۲	۸۵۳	۹۰۷	۳۹۲/۵				
±۱۲۳/۷۵	۱۰۳/۸	۱۰۳/۸	۴۷۰	۶۹۷/۷	۶۹۷/۷	۷۹۹/۴	۸۹۵/۷	۴۹۰/۱				
±۱۳۵	۱۶۸/۳	۱۶۸/۳	۴۱۹/۸	۶۰۶/۵	۶۰۶/۵	۷۱۵/۳	۸۷۳/۶	۵۶۹/۵				
±۱۴۶/۲۵	۱۵۷/۳	۱۵۷/۳	۳۹۰	۴۹۸/۶	۴۹۸/۶	۶۲۱/۸	۸۱۸	۵۸۸/۷				
±۱۵۷/۵	۱۹۸/۲	۱۹۸/۲	۳۵۳/۱	۳۸۰/۲	۳۸۰/۲	۵۰۴/۵	۷۶۱/۴	۶۴۳/۲				
±۱۶۸/۷۵	۲۱۳/۵	۲۱۳/۵	۳۲۸/۶	۲۷۸/۳	۲۷۸/۳	۴۰۴/۸	۷۰۰/۵	۶۹۷/۹				
جنوب	۲۸۴/۶	۲۸۴/۶	۳۳۴/۱	۲۴۲/۸	۲۴۲/۸	۳۶۱	۶۶۸/۲	۸۰۶/۵				

با توجه به نتایج حاصل از جداول (۵) و (۶)، میزان انرژی تابشی بر روی دیوار قائم به تفکیک دوره سرد و گرم و اختلاف بین آن‌ها در جدول (۷) ارائه می‌گردد که بر اساس آن، اولویت‌های استقرار ساختمان در جهت‌های مختلف جغرافیایی تعیین می‌گردد.

جدول ۷. اولویت‌بندی استقرار ساختمان بر اساس تفاوت انرژی دریافتی در دوره سرد و گرم سال

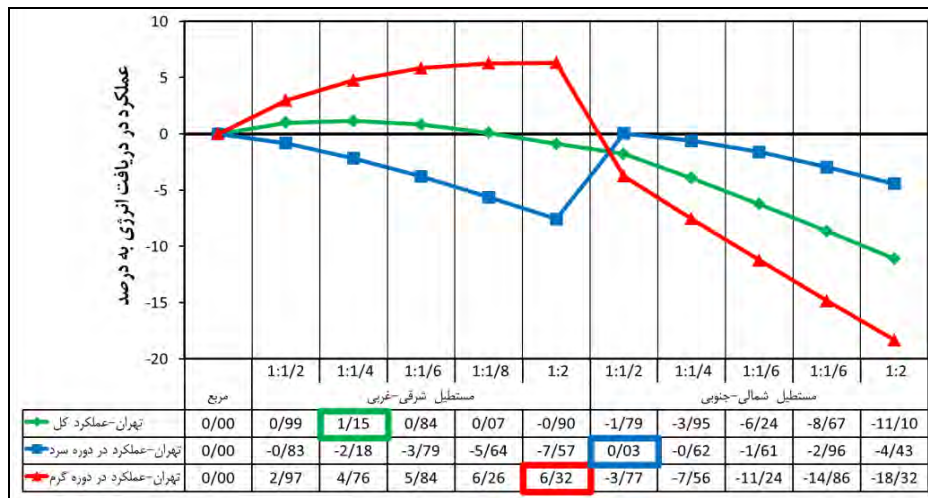
زاویه دیوار	انرژی نظری	انرژی واقعی	دوره سرد	درصد دوره سرد	دوره گرم	درصد دوره گرم	تفاوت دوره سرد و گرم
شمال	۶۷۱/۶	۵۰۱/۷	۶۱/۹	۱۲/۳	۴۳۹/۸	۸۷/۷	-۲۷۷/۸
±۱۱/۲۵	۹۷۵/۲	۷۲۴/۱	۱۴۶/۳	۲۰/۲	۵۷۷/۸	۷۹/۸	-۴۳۱/۵
±۲۲/۵	۱۷۷۷/۶	۱۳۰۶/۸	۳۷۳/۸	۲۸/۶	۹۳۳	۷۱/۴	-۵۵۹/۲
±۳۳/۷۵	۲۸۷۵/۵	۲۰۹۱/۷	۷۱۵/۷	۳۴/۲	۱۳۷۵/۹	۶۵/۸	-۶۶۰/۲

±۴۵	۴۲۱/۲	۳۰۱۳/۲	۱۱۱۸/۴	۳۷/۱	۱۸۹۴/۷	۶۲/۹	-۷۷۶/۳
±۵۶/۲۵	۵۷۵۷/۹	۴۰۵۱/۲	۱۷۲۸/۴	۴۲/۷	۲۳۲۲/۹	۵۷/۳	-۵۹۴/۵
±۶۷/۵	۷۳۷۲/۵	۵۱۰۶/۹	۲۳۵۱/۳	۴۶	۲۷۵۵/۷	۵۴	-۴۰۴/۴
±۷۸/۷۵	۸۹۵۱/۳	۶۱۱۴/۴	۳۰۷۳/۹	۵۰/۳	۳۰۴۰/۵	۴۹/۷	۳۳/۴
شرق و غرب	۱۰۲۹۵/۳	۶۹۴۸/۴	۳۵۴۱/۴	۵۱	۳۴۰۷	۴۹	۱۳۴/۵
±۱۰۱/۲۵	۱۱۶۸۰/۲	۷۷۸۸/۳	۴۲۵۵/۹	۵۴/۶	۳۵۳۲/۴	۴۵/۴	۷۲۳/۵
±۱۱۲/۵	۱۲۷۲۵/۴	۸۳۹۰/۳	۴۸۶۸/۳	۵۸	۳۵۲۲	۴۲	۱۳۴۶/۳
±۱۲۳/۷۵	۱۳۵۲۹/۳	۸۱۱۸	۵۳۶۱/۴	۶۰/۸	۳۴۵۶/۷	۳۹/۲	۱۹۰۴/۷
±۱۳۵	۱۴۱۰۲/۵	۹۰۸۰/۳	۵۷۲۷/۲	۶۳/۱	۳۳۵۳	۳۶/۹	۲۳۷۴/۲
±۱۴۶/۲۵	۱۴۵۰۶/۲	۹۲۲۵/۷	۶۱۵۱/۳	۶۶/۷	۳۰۷۴/۴	۳۳/۳	۳۰۷۶/۸
±۱۵۷/۵	۱۴۷۰۱	۹۲۳۳/۹	۶۳۹۳/۲	۶۹/۲	۲۸۴۰/۶	۳۰/۸	۳۵۵۲/۶
±۱۶۸/۷۵	۱۴۶۹۴/۸	۹۱۳۹/۷	۶۵۱۶/۱	۷۱/۳	۲۶۲۳/۶	۲۸/۷	۳۸۹۲/۴
جنوب	۱۴۶۶۰	۹۰۸۲/۶	۶۳۸۵/۴	۷۰/۳	۲۶۹۷/۱	۲۹/۷	۳۶۸۸/۳

با توجه به نتایج حاصل از جدول (۷)، بیشترین مقدار انرژی دریافتی سالانه متعلق به سطوح ۱۵۷/۵ درجه جنوب شرقی و غربی و کمترین میزان انرژی دریافتی سالانه نیز متعلق به سطوح رو به شمال و ۱۱/۲۵ درجه شمال شرقی و غربی است. بیشترین درصد دریافت انرژی در دوره سرد سال با ۷۱/۳ درصد مربوط به ۱۶۸/۷۵ درجه جنوب شرقی و غربی و کمترین درصد دریافت نیز با ۱۲/۳ درصد مربوط به جهت شمال است. میزان انرژی دریافتی نسبت به کل سال در دوره گرم ۴۱/۶ درصد و در دوره سرد ۵۸/۴ است. با توجه به اینکه که دمای روزانه هوای شهر تهران در ۴۸ درصد از مواقع سال گرمتر و در ۵۲ درصد از مواقع سال، سردتر از شرایط آسایش است، لذا بهترین جهات استقرار ساختمان در شهر تهران بر اساس بیشترین میزان اختلاف انرژی دریافتی بین دوره‌های سرد و گرم سال و یا دریافت حداقل میزان انرژی خورشید در دوره گرم و حداکثر دریافت در دوره سرد تعیین می‌گردد. بر همین اساس با توجه به ضابطه تعیین شده، بهترین جهت استقرار برای ساختمان‌های یک‌طرفه در شهر تهران، جهت ۱۶۸/۷۵ درجه جنوب شرقی و غربی و بعد از آن جهت ۱۸۰ جنوب است. بر اساس داده‌های حاصل از جدول (۷)، میزان انرژی دریافتی سطوح قائم فرم‌های مورد مطالعه در راستای رو به جنوب و به تفکیک دوره‌های سرد و گرم سال محاسبه و در جدول (۸) ارائه شده است. با توجه به بیشترین میزان اختلاف انرژی دریافتی بین دوره‌های سرد و گرم سال و حداکثر درصد انرژی دریافتی در دوره سرد، فرم‌های بهینه و سازگار با اقلیم منطقه تعیین می‌گردد.

جدول ۸. میزان انرژی دریافتی سطوح قائم فرم‌های مورد مطالعه (رو به جنوب) در شهر تهران (BTU/H/FT²)

فرم	کل انرژی	دوره سرد	درصد دوره سرد	دوره گرم	درصد دوره گرم	تفاوت دوره سرد و گرم
مستطیل (ش-غ)	مربع	۵۸۷۰/۳	۳۳۸۲/۶	۵۷/۶	۲۴۸۷/۷	۸۹۴/۸
	۱:۱/۲	۵۷۷۲/۲	۳۳۶۸/۱	۵۸/۴	۲۴۰۴/۱	۹۶۴
	۱:۱/۴	۵۶۹۰/۶	۳۳۵۶/۱	۵۹	۲۳۳۴/۵	۱۰۲۱/۶
	۱:۱/۶	۵۶۲۱/۵	۳۳۴۵/۹	۵۹/۵	۲۲۷۵/۶	۱۰۷۰/۳
	۱:۱/۸	۵۵۶۲/۲	۳۳۳۷/۲	۶۰	۲۲۲۵/۱	۱۱۱۲/۱
مستطیل (ش-ج)	۱:۲	۵۵۱۰/۹	۳۳۲۹/۶	۶۰/۴	۲۱۸۱/۳	۱۱۴۸/۳
	۱:۱/۲	۵۹۶۸/۳	۳۳۹۷	۵۶/۹	۲۵۷۱/۳	۸۲۵/۷
	۱:۱/۴	۶۰۴۹/۹	۳۴۰۹	۵۶/۳	۲۶۴۰/۹	۷۶۸/۱
	۱:۱/۶	۶۱۱۹/۱	۳۴۱۹/۲	۵۵/۹	۲۶۹۹/۸	۷۱۹/۴
	۱:۱/۸	۶۱۷۸/۳	۳۴۲۷/۹	۵۵/۵	۲۷۵۰/۴	۶۷۷/۶
۱:۲	۶۲۲۹/۶	۳۴۳۵/۵	۵۵/۱	۲۷۹۴/۱	۶۴۱/۴	
شش ضلعی	۵۹۶۴/۳	۳۴۵۲/۴	۵۷/۹	۲۵۱۱/۹	۹۴۰/۵	
هشت ضلعی	۵۹۵۸/۵	۳۴۰۲/۷	۵۷/۱	۲۵۵۵/۸	۸۴۶/۹	
شانزده ضلعی	۵۹۸۴	۳۴۴۹/۷	۵۷/۶	۲۵۳۴/۳	۹۱۵/۴	
سی و دو ضلعی	۵۹۸۹/۱	۳۴۷۱/۶	۵۸	۲۵۱۷/۴	۹۵۴/۲	



شکل ۱. عملکرد فرم‌های مورد مطالعه در دریافت انرژی نسبت به فرم مرجع (مربع) بر حسب درصد

با توجه به نتایج حاصل از جدول (۸)، بیشترین میزان انرژی دریافتی سطوح قائم مربوط به فرم مستطیل با راستای شمالی-جنوبی و کمترین نیز مربوط به فرم مستطیل با راستای شرقی-غربی است. در مستطیل شمالی-جنوبی (به ویژه در نسبت‌های ابعادی ۱:۱/۴ تا ۱:۲) به دلیل بزرگی سطوح شرقی و غربی و مدت زمان بیشتر دریافت تابش توسط این سطوح، میزان انرژی دریافتی در دوره گرم سال نسبت به سایر فرم‌ها بیشتر است. لیکن این فرم‌ها به دلیل تغییر زاویه سطوح در رابطه با کسب انرژی خورشیدی در مواقع سرد و گرم عملکرد متفاوتی دارند. با توجه به اقلیم شهر تهران، بهترین فرم ساختمان بر اساس بیشترین میزان اختلاف انرژی دریافتی بین دوره‌های سرد و گرم سال و یا دریافت حداقل میزان انرژی خورشید در دوره گرم و حداکثر در دوره سرد تعیین می‌گردد. بیشترین درصد دریافت انرژی در دوره سرد در شهر تهران مربوط به فرم مستطیل با راستای شرقی-غربی و کمترین درصد دریافت انرژی در دوره سرد نیز مربوط به فرم مستطیل با راستای شمالی-جنوبی است. لذا با توجه به ضابطه تعیین شده، بهترین فرم ساختمان در شهرهای مورد مطالعه، مستطیل با راستای شرقی-غربی و بعد از آن فرم مربع است. نامناسبترین فرم نیز با دریافت حداقل انرژی در دوره‌های سرد فرم مستطیل با راستای شمالی-جنوبی است.

اتلاف حرارتی به عواملی از قبیل مساحت سطح، اختلاف دمای داخل و خارج و ضریب کلی انتقال حرارت جدارها بستگی دارد. بر اساس قانون فوریه، برای دو جسم با شرایط دمایی و ضریب هدایتی برابر، میزان گرمای اتلافی و کسب شده رابطه مستقیمی با مساحت پوسته خارجی دارد. لذا در شرایط ثابت دمایی و ضریب هدایتی سطوح، با افزایش نسبت ابعادی فرم، میزان سطوح خارجی افزایش یافته و به همان نسبت میزان گرمای اتلافی و کسب شده از جدارها افزایش می‌یابد. نسبت ابعادی بهینه فرم، نسبتی است که میزان گرمای اتلافی در فصل سرد و میزان گرمای جذب شده در فصل گرم حداقل باشد. با توجه به اصل تعادل بین انرژی دریافتی و تلف شده، می‌بایست حداقل میزان انرژی جذب شده در دوره سرد برای نسبت‌های ابعادی ۱:۱/۲ تا ۱:۲ نسبت به فرم مربع به ترتیب ۰/۹۸۶، ۰/۹۷۳، ۰/۹۵۷ و ۰/۹۴ است. با توجه به شکل ۱، در شهر تهران میزان انرژی دریافتی برای نسبت‌های مذکور نسبت به فرم مربع، در دوره سرد به ترتیب ۰/۹۹۶، ۰/۹۹۲، ۰/۹۸۹، ۰/۹۸۷ و ۰/۹۸۴ و در دوره گرم به ترتیب ۰/۹۶۶، ۰/۹۳۸، ۰/۹۱۵، ۰/۸۹۴ و ۰/۸۷۷ است. لذا با توجه به میزان جذب حداکثر انرژی در دوره سرد و حداقل در دوره گرم، نسبت ابعادی بهینه مستطیل شرقی-غربی در دوره سرد، نسبت ۱:۱/۲ و در دوره گرم نسبت ۱:۲ است. با استفاده از رابطه مجموع حاصل ضرب درصد دوره‌های سرد و گرم سال در تفاوت میزان انرژی دریافتی واقعی با حداقل و حداکثر انرژی مورد نیاز در دوره‌های مذکور، بهترین نسبت ابعادی برای مستطیل با راستای شرقی-غربی، نسبت ۱:۱/۴ است. پس از انتخاب فرم و نسبت ابعادی بهینه، به منظور تعیین جهت مناسب استقرار فرم، میزان انرژی دریافتی برای فرم مستطیل شرقی-غربی در جهات رو به جنوب و ۱۶۵، ۱۵۰، ۱۳۵ و ۱۲۰ درجه جنوب‌شرقی و غربی مورد بررسی قرار می‌گیرد (جدول ۹).

جدول ۹. میزان انرژی دریافتی سطوح قائم مستطیل شرقی - غربی بر اساس نسبت‌های ابعادی مورد مطالعه (BTU/H/FT²)

نسبت ابعادی	زاویه دیوار	کل انرژی	دوره سرد	درصد دوره سرد	دوره گرم	درصد دوره گرم	تفاوت دوره سرد و گرم
۱ به ۱/۲	جنوب	۵۷۷۲/۲	۳۳۶۸/۱	۵۸/۴	۲۴۰۴/۱	۴۱/۶	۹۶۴
	۱۶۵ جنوب شرقی و غربی	۵۹۰۹/۶	۳۴۸۱/۱	۵۸/۹	۲۴۲۸/۵	۴۱/۱	۱۰۵۲/۶
	۱۵۰ جنوب شرقی و غربی	۵۹۹۳/۷	۳۴۶۷/۵	۵۷/۹	۲۵۲۶/۲	۴۲/۱	۹۴۱/۲
	۱۳۵ جنوب شرقی و غربی	۶۰۴۶/۷	۳۴۲۲/۸	۵۶/۶	۲۶۲۳/۹	۴۳/۴	۷۹۹
	۱۲۰ جنوب شرقی و غربی	۶۰۸۶/۵	۳۴۸۴	۵۷/۲	۲۶۰۲/۵	۴۲/۸	۸۸۱/۵
۱ به ۱/۴	جنوب	۵۶۹۰/۶	۳۳۵۶/۱	۵۹	۲۳۳۴/۵	۴۱	۱۰۲۱/۶
	۱۶۵ جنوب شرقی و غربی	۵۸۱۷/۴	۳۴۷۰	۵۹/۴	۲۳۷۱/۴	۴۰/۶	۱۰۹۸/۵
	۱۵۰ جنوب شرقی و غربی	۵۹۵۵	۳۴۶۰/۶	۵۸/۱	۲۴۹۴/۵	۴۱/۹	۹۶۶/۱
	۱۳۵ جنوب شرقی و غربی	۶۰۴۶/۷	۳۴۲۲/۸	۵۶/۶	۲۶۲۳/۹	۴۳/۴	۷۹۹
	۱۲۰ جنوب شرقی و غربی	۶۱۲۵/۱	۳۴۹۰/۹	۵۷	۲۶۳۴/۲	۴۳	۸۵۶/۷
۱ به ۱/۶	جنوب	۵۶۲۱/۵	۳۳۴۵/۹	۵۹/۵	۲۳۷۵/۶	۴۰/۵	۱۰۷۰/۳
	۱۶۵ جنوب شرقی و غربی	۵۷۸۳/۶	۳۴۶۰/۵	۵۹/۸	۲۳۲۳/۱	۴۰/۲	۱۱۳۷/۵
	۱۵۰ جنوب شرقی و غربی	۵۹۲۲/۳	۳۴۵۴/۷	۵۸/۳	۲۴۶۷/۶	۴۱/۷	۹۸۷/۱
	۱۳۵ جنوب شرقی و غربی	۶۰۴۶/۷	۳۴۲۲/۸	۵۶/۶	۲۶۲۳/۹	۴۳/۴	۷۹۹
	۱۲۰ جنوب شرقی و غربی	۶۱۵۷/۸	۳۴۹۶/۷	۵۶/۸	۲۶۶۱/۱	۴۳/۲	۸۳۵/۶
۱ به ۱/۸	جنوب	۵۵۶۲/۲	۳۳۳۷/۲	۶۰	۲۳۲۵/۱	۴۰	۱۱۱۲/۱
	۱۶۵ جنوب شرقی و غربی	۵۷۳۴/۱	۳۴۵۲/۴	۶۰/۲	۲۳۸۱/۶	۳۹/۸	۱۱۷۰/۸
	۱۵۰ جنوب شرقی و غربی	۵۸۹۴/۲	۳۴۴۹/۷	۵۸/۵	۲۴۴۴/۵	۴۱/۵	۱۰۰۵/۲
	۱۳۵ جنوب شرقی و غربی	۶۰۴۶/۷	۳۴۲۲/۸	۵۶/۶	۲۶۲۳/۹	۴۳/۴	۷۹۹
	۱۲۰ جنوب شرقی و غربی	۶۱۸۵/۹	۳۵۰۱/۷	۵۶/۶	۲۶۸۴/۱	۴۳/۴	۸۱۷/۶
۱ به ۲	جنوب	۵۵۱۰/۹	۳۳۲۹/۶	۶۰/۴	۲۱۸۱/۳	۳۹/۶	۱۱۴۸/۳
	۱۶۵ جنوب شرقی و غربی	۵۶۹۱/۲	۳۴۴۵/۴	۶۰/۵	۲۳۴۵/۷	۳۹/۵	۱۱۹۹/۷
	۱۵۰ جنوب شرقی و غربی	۵۸۶۹/۹	۳۴۴۵/۴	۵۸/۷	۲۴۲۴/۶	۴۱/۳	۱۰۲۰/۸
	۱۳۵ جنوب شرقی و غربی	۶۰۴۶/۷	۳۴۲۲/۸	۵۶/۶	۲۶۲۳/۹	۴۳/۴	۷۹۹
	۱۲۰ جنوب شرقی و غربی	۶۲۱۰/۲	۳۵۰۶/۱	۵۶/۵	۲۷۰۴/۱	۴۳/۵	۸۰۲

با توجه به نتایج حاصل از جدول (۹)، در تمامی نسبت‌های ابعادی مورد مطالعه، بیشترین میزان انرژی دریافتی سطوح قائم مربوط به جهت ۱۲۰ درجه جنوب شرقی و کمترین نیز مربوط به جهت رو به جنوب است. با چرخش هر چه بیشتر فرم به سمت جنوب شرق و غرب، میزان انرژی دریافتی در دوره گرم افزایش و در دوره سرد کاهش می‌یابد. با توجه به اقلیم گرم و خشک شهر تهران، بهترین جهت استقرار ساختمان بر اساس دریافت حداقل انرژی در دوره گرم و حداکثر در دوره سرد تعیین می‌گردد. لذا با توجه به ضابطه تعیین شده، بهترین جهت در تمامی نسبت‌های ابعادی مورد مطالعه به‌ویژه در نسبت ابعادی بهینه در شهر تهران، جهت ۱۶۵ درجه جنوب شرقی و غربی و بعد از آن جهت رو به جنوب است.

نتیجه‌گیری

فرم و پوسته خارجی ساختمان تاثیر زیادی در هماهنگی ساختن ساختمان با شرایط اقلیمی، همچنین در تعدیل انتقال شرایط بحرانی هوای خارج به داخل ساختمان دارد. سردی هوای باعث فشردگی فرم ساختمان و شدت زیاد تابش باعث کشیدگی آن در جهت محور شرقی - غربی می‌شود. بهترین فرم ساختمان، فرمی است که میزان انرژی اتلافی آن در زمستان و انرژی دریافتی آن در تابستان، حداقل باشد. در شهر تهران با توجه به اهمیت کسب حداکثر انرژی خورشیدی در فصل سرد سال، ساختمان‌ها لازم است به نحوی طراحی و جهت‌گیری گردند که در مواقع سرد سال بیشترین و در مواقع گرم کمترین میزان انرژی خورشیدی را از سطوح خارجی دریافت کنند. با استفاده از روش محاسباتی قانون کسینوس، میزان انرژی تابشی دریافتی مستقیم سطوح قائم ساختمان‌ها، برای ماه‌های مختلف و در ۳۲ جهت جغرافیایی محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین میزان انرژی دریافتی سالانه مربوط به فرم مستطیل با راستای شمالی - جنوبی و کمترین نیز مربوط به فرم مستطیل با راستای شرقی - غربی است. به

منظور سازگاری با اقلیم و دریافت بهینه تابش خورشیدی در شهر تهران، مناسب‌ترین فرم ساختمانی، فرم مستطیل با راستای شرقی- غربی و با نسبت ابعادی ۱:۱/۴ است. همچنین مناسب‌ترین جهات استقرار برای فرم و نسبت ابعادی منتخب، جهات ۱۶۵ درجه جنوب‌شرقی تا ۱۶۵- درجه جنوب‌غربی است. دستاورد این پژوهش قابلیت به کارگیری در طراحی کالبد فضاهای شهری و معماری، جهت استقرار معابر و فضاهای باز شهری و سایر کاربری‌های شهری (به ویژه کاربری مسکونی) را دارد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش مستخرج از رساله دکتری بوده و با حمایت مالی سازمانی انجام نشده است.

References

- Abanda, F.H., & Byers, L. (2016). An investigation of the impact of building orientation on energy consumption in a domestic building using emerging BIM (Building Information Modelling). *Energy*, 97, 517-527.
- Al-Anzi, A., Seo, D., & Krarti, M. (2009). Impact of building shape on thermal performance of office buildings in Kuwait. *Energy Conversion and Management*, 50(3), 822-828.
- Ashrae. (1995). Handbook, heating, ventilating, and airconditioning applications. *Ashrae Publications*.
- Barzegar, Z., Heydari, S., & Zarei, M. (2012). Evaluation of the effect of building orientation on achieved solar radiation-a NE-SW orientated case of urban residence in semi-arid climate. *International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning*, 22(2), 108-113.
- Barzegar, Z., & Heydari, S. (2012). Investigation of the effects of building envelopes received solar radiation on residential energy consumption: A case of SW and SE orientation in Shiraz. *Honar- Ha- Ye- Ziba- Memari VA Sharsazi*, 18(1), 45-56. (In Persian)
- Chia, S.L., Mohd Hamdan, A., & Dilshn Remaz, O. (2007). The effect of geometric shape and building orientation on minimising solar insolation on high-rise buildings in hot humid climate. *Journal of Construction in Developing Countries*, 12(1), 27-38.
- Depecker, P., Menezzo, C., Virgone, J., & Lepers, S. (2001). Design of buildings shape and energetic consumption. *Building and Environment*, 36(5), 627-635.
- Erbs, D. G. (1983). Models and applications for weather statistics related to building heating and cooling loads, Ph.D. thesis, Mechanical Engineering Dept, University of Wisconsin-Madison.
- Farrokhi, M., Izadi, M.S., & Karimi Moshaver, M. (2018). Analysis of energy efficiency of urban fabrics in the hot and dry climates, case study: Isfahan. *Journal of Iranian Architecture Studies*, 1(13), 127-147. (In Persian)
- Fazeli, A.R., & Heidari, Sh. (2013). Energy efficiency in residential areas of Tehran using Rotterdam energy approach planning (REAP). *Quarterly journal of energy policy and planning Research*, 1(3), 83-96. (In Persian)
- Ghanghermeh, A., Roshan, G., & Shahkooeei, S. (2018). The review of determining the thermal comfort base temperature in different climatic regions in order to calculate the required degree-day index for cooling and heating. *Scientific-Research Journal of Geographical Data (SEPEHR)*, 27(105), 127-143. (In Persian)
- Habibi-Khmeneh, M., & Mohammadi, H. (2014). The study architecture of Tehran municipality, district 5 is based on climatic elements. *Quarterly Geographical Journal of Territory (Sarzamin)*, 9(41), 51-64. (In Persian)
- Hedayatian, M., & Goodarzi, M. (2016). Optimizing the orientation of the open spaces and building constructions for cold climate based on sunshine in borujerd city. *Researches in Geographical Sciences*, 16(42), 59-82. (In Persian)
- Hemsath, T. L., & Alagheband Bandhosseini, K. (2015). Sensitivity analysis evaluating basic building geometry's effect on energy use. *Renewable Energy*, 76, 526-38.
- IRIMO, Islamic Republic of Iran Meteorological Office, Data Center, Tehran. <http://www.irimo.ir/far/wd/2703>.

- Karami Kord Alivand, F., & Narengi Fard, M. (2017). Optimize the orientation of buildings against radiation (case study: Shiraz). *Geographic Notion*, 8(16), 96-122. (In Persian)
- Karbalae doree, A.R., & Hejazi Zadeh, Z. (2017). Optimizing building orientation establishment in the city of Kashan, based on climatic conditions. *Arid Regions Geographic Studies*, 7(27), 85-103. (In Persian)
- Kasmai, M. (2002). *Climate architecture*. Esfahan: Nashre khak, Second Edition. (In Persian)
- Kheirabadi, F., Nourmohammadzad, H., & Alizadeh, H. (2017). The Role of urban spaces physical orientation on the extent of climate comfort of citizens: case study of Bandar Abbas. *Geography and Sustainability of Environment*, 7(24), 15-31. (In Persian)
- McKeen, P., & Fung, A.S. (2014). The effect of building aspect ratio on energy efficiency: A case study for multi-unit residential buildings in Canada. *Buildings*, 4, 336-354.
- Mingfang, T. (2002). Solar control for buildings. *Building and Environment*, 37(7), 659-664.
- National Building Regulations, chapter 19 (Energy Saving). (2017). *Publishing Iran Development*, Third Edition. (In Persian)
- Oral, G.K., & Yilmaz, Z. (2003). Building form for cold climatic zones related to building envelope from heating energy conservation point of view. *Energy & Buildings*, 35(4), 383-388.
- Ourghi, R., Al-Anzi, A., & Krarti, M. (2007). A simplified analysis method to predict the impact of shape on annual energy use for office buildings. *Energy Conversion and Management*, 48(1), 300-305.
- Pacheco, R., Ordonez, J., & Martinez, G. (2012). Energy efficient design of building: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3559-3573.
- Rafiyani, M., Fathe Jalali, A., & Dadashpour, H. (2011). Evaluating the effect of building form and density on urban energy consumption (case study: Hashtgerd new town). *Aramanshahr Architecture & Urban Development*, 4(6), 107-116. (In Persian)
- Raji, B., Tenpierik, M.J., & Van Den Dobbelssteen, A. (2016). A comparative study: design strategies for energy-efficiency of high-rise office buildings. *Journal of Green Building*, 11(1), 134-158.
- Raji, B., Tenpierik, M.J., & Van Den Dobbelssteen, A. (2017). Early-stage design considerations for the energy-efficiency of high-rise office buildings. *Sustainability*, 9(623), 1-28.
- Rashidi, 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.
- Shafiei, M., Fayaz, R., & Hidari, Sh. (2014). The appropriate form of tall building for receiving solar energy in Tehran. *Iranina journal of Energy*, 16(4), 47-60. (In Persian)
- Wang, W., Rivard, H., & Zmeureanu, R. (2006). Floor shape optimization for green building design. *Advanced Engineering Informatics*, 20(4), 363-378.
- Watson, D., & Labs, K. (1983). *Climate design: energy efficient building principles and practices*. McGraw-Hill, New York, 37.
- Wei, L., Tian, W., Zuo, J., Yang, Z.Y., Liu, Y.L., & Yang, S. (2016). Effects of building form on energy use for buildings in cold climate regions. *Procedia Engineering*, 146, 182-189.
- Zarghami, E., Jahan Bakhsh, H., & Tahanian, A.H. (2016). Investigate relationship between the form of residential buildings and energy consumption in hot and dry climates in Semnan city. *Iranina journal of Energy*, 18(4), 63-76. (In Persian)
- Zamani, M., Akbari, H., & Hadavi, F. (2016). Best orientation determination of buildings in Zanjan city based on solar radiation. *Armanshahr Architecture & Urban Development*, 8(16), 85-94.

How to cite this article:

Palizban, S., & Arbabi, A. (2020). Forecasting outcomes of the effects of recreational projects on the quality of life in local communities (Case study: Entertainment Complex in the 15th Municipality of Tehran). *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 15(4), 1175-1188.

http://jshsp.iaurasht.ac.ir/article_672816.html

Climatic design of form, aspect ratio and building's orientation based on solar radiation in Tehran

Hasan Akbari*

Assistant Professor, Dep of architecture, University of Mohaghegh Ardebili, Ardebil, Iran

Esmail Ebrahimi

Assistant Professor, Dep of Geography, Parsabad Moghan Branch, Islamic Azad University, Parsabad Moghan, Iran

Received: 12 January 2019

Accepted: 27 October 2020

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The amount of fossil fuels' consumption in Tehran is very high. The total power consumption in Tehran in 2009 was 30966 million kWh and gas consumption was 29766 million m³. About 37.1% of electricity consumption and 93% of gas consumption in Tehran were related to household use. Also, 10.5% of the total energy carriers of the country was consumed in Tehran (Fazeli and Heidari, 2011: 88-89). Therefore, in a city such as Tehran, as the largest energy consumer in the country, which deals with a variety of environmental problems, optimizing energy consumption in residential areas of the city is a necessity. In order to receive optimal solar energy in Tehran, buildings should be designed in such a way to receive the maximum solar energy in cold weather and minimum energy in hot weather during the year. This research aims to determine the form, aspect ratio and proper orientation of the buildings according to the climate of Tehran by studying the amount of received radiation by the external vertical surfaces of buildings.

Methodology

Using the Q-BASIC software, the azimuth angle and the sun's altitude were estimated at the latitude. Then, using the "Law of Cosines" method of Stevenson, the amount of received radiant energy from the external surfaces of the buildings was calculated and processed in 32 geographic directions. In the next step, the form, aspect ratios and optimal orientation of the buildings were determined, based on the amount of radiation differences received in cold and hot periods of the year and the amount of energy waste and absorption. In this research, six regular polygonal forms, including square, rectangle with North-South and East-West directions, hexagonal, octagonal, hexadecagon, and triacontadigon (circle) were investigated. All forms with the equal height and area of floor, oriented to the South, have been examined. The aspect ratios studied in the form of rectangles were 1:1.2, 1:1.4, 1:1.6, 1:1.8 and 1: 2 and the orientation of the form and the optimal aspect ratio were the orientation to the South and 165, 150, 135 and 120 degrees South-East and South-West.

Result and Discussion

The highest amount of annual received radiation energy belongs to the walls with facing 157.5 degrees South-East and South-West, and the lowest amount belongs to the North and 15 degrees North-East and North-West. The highest percentage of received energy in cold period of the year, with 71.3% belongs to 168/75 degrees South-East and South-West and the lowest

* Corresponding Author:

Email: h.akbari.arc@gmail.com

percentage is 12.3% for the North. The best orientation for one-way buildings in Tehran is 168/75 degrees South-East and South-West and then is 180 degrees South. The maximum mean energy received by vertical surfaces belongs to the rectangular form with the North-South orientation and the minimum energy is related to the rectangular form with East-West orientation. For the North-South oriented rectangle (especially with aspect ratios of 1:1.4 to 1:2), due to the large Eastern and western surfaces and the more radiation time on them, the amount of energy received during the warm period of the year is more than other forms. The best form of the buildings in this city is the rectangle with the East-West orientation and then the square form. The most inappropriate form with receiving minimum energy in cold period of the year is the rectangular form with the North-South orientation. Regarding the maximum energy absorption rate, received in cold period and minimum received in hot period, the optimal aspect ratio in cold period is 1:1.2 and in hot period is 1:2. The daily temperature of Tehran is more than comfort conditions in 48% of the year and it is less than it in 52% of the year. Using the sum of the product of the multiplication of percentage of cold and hot periods of the year, and the difference in the amount of received energy with the required energy during those periods, the best aspect ratios for the rectangle with the East-West direction, is the ratio of 1:1.4 and then is 1:1.2. The best orientation in all aspect ratios studied, especially in the optimal aspect ratio in Tehran, is 165 degrees South-East and South-West and then is the southward.

Conclusion

Considering the specific geographical-climatic conditions and the high consumption of fossil fuels in Tehran, the design and construction of buildings and urban spaces compatible with the climate and in order to benefit from renewable energies such as solar energy is essential.

Form, dimensions and orientation of buildings have a very important role in setting the microclimate conditions and the thermal situation of the interior and exterior spaces of buildings. The results of the research show that the highest average of annual energy consumption is related to the rectangular form with North-South orientation and the least is related to the rectangular form with East-West orientation. The best form of the building in this city is a rectangle with East-West orientation and then is the square form. The most suitable aspect ratio for the rectangle with the East-West orientation is the 1:1.4. The most appropriate building orientation for the specified aspect ratio is 165 degrees South-East and South-West and then is the southward.

Kay Words: form, aspect ratio and optimum building orientation, solar energy, the Law of Cosine, Tehran city