تعیین جهت های مناسب استقرار ساختمان به منظور دریافت بهینه تابش خورشیدی در شهر زنجان

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۲/۱۴ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۹۵/۰۳/۲۳

حسن اکبری(دکتری معماری، استادیار دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده فنی و مهندسی، گروه معماری، اردبیل،ایران)
فرامرز هادوی*(دانشجوی دکتری رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری، گروه جغرافیا ، دانشگاه پیام نور ، تهران ، ایران)
مهدی زمانی(دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزادعلوم و تحقیقات تهران، مدرس دانشگاه فرهنگیان، زنجان، ایران)
یوسف علیپور(دانشجوی دکتری جغرافیا گرایش آب وهواشناسی،دانشگاه خوارزمی،تهران،ایران)

چکیده

در سال های اخیر مصرف بالای انرژی یکی از مشکلات کل جهان علی‌الخصوص شهرهای بزرگ می باشد. یکی از راهکارهایی که در این زمینه ارائه شده است استفاده حداکثری از انرژی خورشید می-باشد. اگر ساختمان ها مطابق با تابش انرژی خورشید و اقلیم منطقه ساخته شوند و بتوانند در دوره گرم حداقل انرژی و در دوره سرد حداکثر انرژی را جذب کنند در مصرف انرژی صرفه جویی بسیار زیادی حاصل خواهد شد. با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی شهر زنجان، جهت گیری ساختمان ها باید به گونه‌ای باشد که در دوره سرد بیش ترین میزان انرژی به ساختمان وارد شود و نیز در دوره گرم کم ترین میزان انرژی را دریافت کند. در این تحقیق با مطالعه موردی اقلیم شهر زنجان و به جهت استفاده حداکثری از انرژی خورشیدی ابتدا اطلاعات اقلیمی مورد نیاز از ایستگاه سینوپتیک زنجان برای دوره ۴۰ ساله (۱۳۸۸-۱۳۴۸) تهیه گردید. سپس با استفاده از روش محاسباتی قانون کسینوس میزان انرژی تابشی بر روی سطوح قائم برای ماه های مختلف و در ۲۴ جهت جغرافیایی محاسبه و از طریق نرم افزارهای Q-BASIC ،Excel اطلاعات پردازش شده و در نهایت بهترین جهت استقرار ساختمآن ها در شهر زنجان تعیین گردیده است. سطوح قائم ۱۵۰+ جنوب شرقی و ۱۵۰- جنوب غربی بیش ترین میزان انرژی و سطوح ۱۵+ و ۱۵- شمال شرقی و غربی کم ترین میزان انرژی را در طول ماه های سرد و گرم سال دریافت می کنند. بر اساس نتایج این تحقیق بهترین جهت استقرار ساختمان به منظور دریافت بهینه انرژی خورشید در دوره های سرد و گرم سال جهت های ۱۳۵ درجه و ۲۲۵ درجه زاویه آزیموتی می باشد.

واژه‌های کلیدی: انرژی خورشیدی، شهر زنجان، جهت‌گیری ساختمان

---

* نویسنده رابط: faramarzhadavi@gmail.com

مقدمه

یکی از مشکلات قرن حاضر درجوامع بشری مصرف بالای انرژی می باشد که در این بین بیش ترین مصرف متعلق به انرژی های فسیلی می باشد.که این مسئله مشکلات عدیده زیر را به دنبال داشته است : ۱- تامین انرژی با توجه به غیر قابل تجدید بودن منابع انرژی از سوخت-های فسیلی۲- افزایش گازهای گلخانه ای بر اثر استفاده از این نوع انرژی. در این مورد سازمان-های بین المللی متعددی تشکیل شده و مطالعات بسیار گسترده ای صورت گرفته است. بطور مثال در سال ۱۹۹۰ IPCC۱ تشکیل گردید. بر اساس گزارش های منتشرشده افزایش گازهای گلخآن های تا دهه ۲۰۳۰ گرمای جهانی را ۱/۵ تا ۴/۵ درجه و سطح دریاها را به میزان ۲۰الی۱۴۰ سانتی متر بالا خواهد آورد (عزیزی ۱۳۸۳). این مشکل در شهر ها نمود بیش تری دارد چرا که در شهر ها تراکم بالای جمعیت، خودروها و ساختمان ها باعث مصرف بالای انرژی و به تبع آن آلودگی بیشت نسبت به سایر مناطق می گردد.که بهترین مثال در این زمینه جزیره های حرارتی می باشند (عزیزی ۱۳۸۳).

انرژی خورشید یکی از منابع تامین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست محیطی است که از دیر باز به روش های گوناگون مورد استفاده بشر قرار گرفته است . به دلیل بحران انرژی و اثرات مخرب انرژی های فسیلی در سال های اخیر، استفاده از انرژی های تجدیدپذیر و از جمله انرژی خورشیدی به منظور کاهش و صرفه جویی در مصرف انرژی،کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال فراوانی روبرو شده است.

از ابتدای تاریخ زندگی بشر همواره ساخت ساختمان هایی مطابق با شرایط اقلیمی و جغرافیایی مورد توجه بوده و هست . لذا از همان ابتدا با استفاده از مصالح طبیعی و جهت-گیری مناسب ساختمآن ها نسبت به عوامل اقلیمی و محیطی سعی در ساخت ساختمان هایی همساز با اقلیم و به منظور دستیابی به آسایش حرارتی مطلوب شده است. طبق نظرات جیوونی و کنیا، تنوع اقلیمی نتیجه پنج عامل مهم چون تابش آفتاب، دما، رطوبت هوا، میزان بارندگی و وزش باد است. عامل تابش نور خورشید اصلی ترین عامل در اقلیم هر منطقه می باشد(قیابکلو، ۱۳۹۳). در شرایط اقلیم سرد استفاده حداکثری از انرژی تابشی خورشید مورد توجه بوده و ساختمآن ها در این اقلیم بایستی به نحوی جهت گیری شوند که حداکثر انرژی خورشید را در طول سال دریافت نماید. برعکس در اقلیم گرم جهت گیری ساختمآن ها باید به نحوی باشد که

1 INTERGOVERMENTAL PANEL CLIMATE ON CHANGE

شدت تابش آفتاب به دیوارهای خارجی آن بـه حـداقل رسـیده و کـم تـرین انـرژی خورشـیدی سالانه را دریافت نماید.

میزان مصرف انرژی های فسیلی در شهر زنجان بسیار بالا می باشد. به طـوری کـه میـزان مصرف گاز در سال۱۳۸۹برابر ۵/۳ میلیون مترمکعب و میزان مصـرف بـرق در سـال۱۳۸۸ برابـر ۹۳۸۴۴۴۲۱۶ کیلو وات ساعت بوده اسـت (http:/www.zedc.ir). در شـهر زنجـان مطالعـات خاصـی در زمینـه بررسـی تـاثیر زاویـه و جهـت تـابش بـر میـزان دریافـت انـرژی خورشـیدی ساختمآن‌ها انجام نشده است. این تحقیق برآن است تا با بررسی میزان انـرژی دریـافتی سـطوح قائم جداره ساختمآن ها، بهترین جهت های استقرار ساختمان را مطابق بـا اقلـیم منطقـه بـرای شهر زنجان تعیین نماید. لذا انجام این تحقیق و تعیین بهترین جهت گیری سـاختمان در اقلـیم سرد زنجان جهت دریافت بیش ترین میزان دریافت انـرژی خورشـید در مـاه هـای سـرد سـال ضروری می باشد.

پیشینه تحقیق:

به منظور بررسی تاثیر شرایط اقلیمی بر آسایش حرارتی انسان تحقیقات علمی متعـددی در جهان انجام شده است. ویکتور و آلدار اولگی در سال ۱۹۷۳ با بررسی رابطه بین متغیـر هـای همچون رطوبت نسبی، درجه حرارت و آسـایش حرارتـی انسـان اقـدام بـه ارائـه جـدول محـیط آسایش انسان نمودند. پاروچ گیونی (۱۹۷۶) بر اساس متغیر های رطوبـت نسـبی، فشـار بخـار و دمای خشک و دمای مرطوب، مرز آسایش ساکنین اقلیم در حالت استراحت و حدود موثر بـودن شیوه‌های ساختمان‌سازی در تـامین نیازهـای بیوکلیماتیـک انسـان را مشـخص نمـود و جـدول زیست- اقلیم ساختمانی را ارائه نمودند (قبادیان و مهدوی ، ۱۳۹۱). کـارل ماهـانی (۱۹۷۱) بـر اساس وضعیت حرارتی روز و شب، گروه رطوبتی، نوسان ماهانه دما، و حدود آسـایش دمـایی روز و شب اقدام به تدوین شاخص های ششگانه خشکی و رطوبت نموده و بر اساس این شـاخص هـا ویژگـی هـای طراحـی اقلیمـی سـاختمآن هـا را ارائـه نمودند(کسـمایی، ۱۳۶۳). در ایـران نیـز تحقیقات متعددی در رابطه با تهیه نقشه هـای تقسـیمات بیوکلیماتیـک ایـران بـه روش کـوپن (عدل، ۱۳۴۹)، نقشه تقسیمات اقلیمی ایـران بـه روش اولگـی(ریاضـی، ۱۳۶۳)، پهنـه بنـدی اقلیمی ایران به روش ماهانی (کسمایی، ۱۳۶۸و ۱۳۷۳) و نقشه زیسـت اقلـیم انسـانی ایـران بـه روش ترجونگ (کاویانی، ۱۳۷۲) انجام شده است. در رابطه با تاثیر زاویه و جهت تابش بر میـزان انرژی دریافتی ساختمان جداره های ساختمان در ماهای سرد و گـرم مطالعـات انـدکی صـورت

گرفته است. علیجانی در مقاله ای نقش آب و هوا بر طراحی مسکن در شهر تبریز را مورد ارزیابی قرار داده و با بررسی عوامل اقلیمی از جمله میزان انرژی دریافتی خورشید روش های مختلف طراحی کالبدی مسکن همساز با اقلیم تبریز را بیان کرده است(علیجانی، ۱۳۷۳). حیدری و همکاران در مقاله ای به ارزیابی زیست اقلیم انسانی شهر زنجان بر اساس روش های گوزینسکی، سلیانینوف، کریمی، خوش اخلاق، آمبرژه و ایوانف پرداخته و بر اساس شرایط مطلوب آسایش انسانی با استفاده از شاخص های ترجونگ، بیکر و ماهانی و با بومی سازی جدول بیوکلیمای ساختمانی، پیشنهادهای برای طراحی و ساخت مسکن ارایه داده اند (حیدری و همکاران، ۱۳۹۱). برزگر و حیدری به بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی بر اساس جهت گیرهای مختلف ساختمان در شهر شیراز پرداخته اند. نتایج این تحقیق نشان می دهد خانه های با جهت گیری اقلیمی مناسب مانند جهت جنوب شرقی و شمال غربی از نظر میزان دریافت انرژی و مصرف در شرایط مناسب می باشند.(برزگر و حیدری، ۱۳۹۲) و (Barzegar,z et.al, 2012). سانتوز و همکاران به بررسی تاثیر جهت تابش در مصرف انرژی ساختمان اقلیمی اداری در شهر سانتا ماریا پرداختند (Santos,j.p et al, 2012) . لشکری و همکاران جهت گیری بهینه ساختمانی در شهر اهواز بر اساس شرایط اقلیمی را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج این تحقیق بیش ترین مقدار انرژی دریافتی سطوح قائم مربوط به ۱۵ درجه شرقی و ۳۰ درجه جنوب شرقی می باشد. همچنین استقرار ساختمان در جهت بهینه ۴۵ درجه و جهات قابل قبول ۳۰ درجه و ۱۵+ درجه شمالی از مبدا جنوب در اقلیم شهر اهواز پیشنهاد شده است (لشکری و همکاران، ۱۳۹۰). سبز پوشانی و همکاران تاثیر جهت گیری، جنس و رنگ جداره بیرونی ساختمان را بر حرارت اکتسابی از خورشید مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بیانگر اینست که انرژی برخوردی خورشید به سطح دیوار یک ساختمان تابعی از موقعیت جغرافیایی، جهت گیری دیوار، اقلیم منطقه، موقعیت ساختمان های اطراف و همچنین نوع و پوشش زمین آن منطقه نسبت به ساختمان مرجع می باشد (سبز پوشانی و همکاران، ۱۳۸۵). حسین آبادی و همکاران در بررسی طراحی اقلیمی ساختمآن های مسکونی شهر سبزوار با تاکید بر جهت گیری و عمق سایبان نشان دادند که جهت ۱۵ و ۳۰ درجه شرقی در ساختمآن های یک طرفه و جهت ۱۶۵+ و ۱۵- شمالی– جنوبی در ساختمآن های دوطرفه بهترین جهت های قرارگیری با توجه به تابش آفتاب برای سبزوار می باشد(حسین آبادی و همکارن، ۱۳۹۱).

معرفی شهر زنجان:

شهر زنجان در شمال غربی کشور در انتهای دشت زنجان قرار دارد. این شهر بین دو رشته کوه موازی کوههای سلطانیه و طارم واقع شده است. و بر روی نقطه تقاطع مخروط افکنه دامنه جنوبی کوههای طارم و پادگانه های رود «زنجان چای» قرار دارد. بر اساس تقسیمات اقلیمی دکتر گنجی، شهر زنجان در منطقه اقلیمی سرد(کوهستآن های غربی) با علامت اختصاری «Cfs'"a» قرار دارد. این شهر دارای اقلیمی سرد و خشک، با زمستآن های سرد و تابستان معتدل می باشد. در این شهر نوسانات و اختلافات درجه حرارت شبانه روزی زیاد بوده، رطوبت هوا کم و بارش برف سنگین است. غلظت هوا در این منطقه کم بوده،و امکان تهویه طبیعی هوا را کاهش می دهد. همچنین شهر زنجان در دامنه رو به جنوب قرار داشته و به علت توپوگرافی منطقه، در جهت غرب، شرق و شمال گسترش پیدا کرده است.

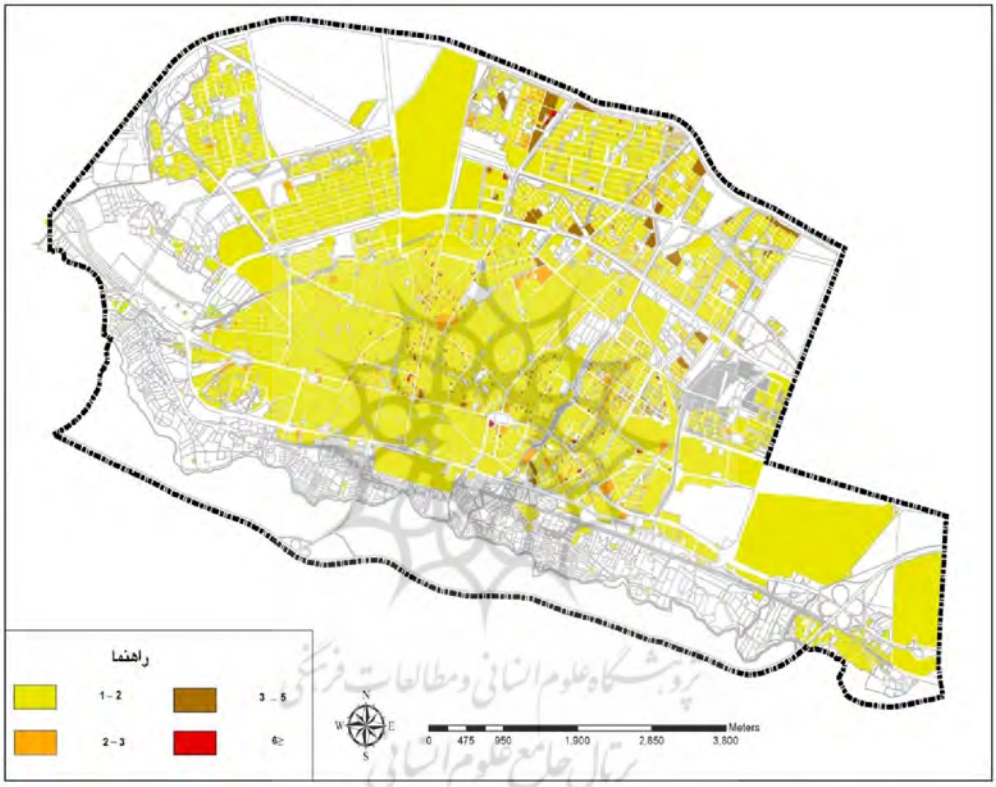
جدول۱- ویژگی جغرافیایی شهر زنجان

ردیف	شاخص	مقدار	ردیف	شاخص	مقدار
۱	ارتفاع از سطح دریا(متر)	۱۶۶۳	۱۰	ساعات آفتابی	۲۸۳۸
۲	طول جغرافیایی	۱۹´ ۴۸´	۱۱	مجموع سالانه بارش (mm)	۳۲۹,۱
۳	عرض جغرافیایی	۳۵´ ۳۶´	۱۲	جمعیت(سال ۱۳۸۵)	۳۴۹۷۱۳
۴	فشار متوسط هوا(10^2 پاسکال	۱۰۱۴,۱	۱۳	خانوار (سال ۱۳۸۵)	۸۹۸۲۹
۵	متوسط دمای سال(درجه سلسیوس)	۱۱,۵	۱۴	تراکم جمعیت(نفر در Km^2)	۵۸۲۸,۵۵
۶	متوسط رطوبت نسبی	۵,۴۲	۱۵	تعداد واحد مسکونی	۷۲۳۷۸
۷	متوسط سرعت باد($\frac{m}{s}$)	۳,۷	۱۶	تراکم واحد مسکونی(نفر در واحد)	۴,۸
۸	میانگین سالانه تابش آفتاب بر سطح افقی($\frac{kwh}{m^2}$)	۳۹۰۰	۱۷	تعداد خانوار در هر واحد مسکونی	۱,۲
			۱۸	وسعت(km^2)	۶۰
۹	جهت باد	شرقی			

مأخذ: سرشماری عمومی نفوس و مسکن استان زنجان، ۱۳۸۵ و سالنامه هواشناسی استان زنجان، ۱۳۸۵-۱۳۷۵

تعداد مساکن ویلایی (۲-۱) طبقه در شهر زنجان ۷۱۰۸۳ واحد و تعداد ساختمآن های آپارتمانی (۵-۳) طبقه ۲۶۳۴ واحد و تعداد ساختمآن های ۶ طبقه به بالا ۳۲ واحد می باشد. تعداد ساختمآن های با مصالح و اسکلت بتنی ۹۱۰، با اسکلت آجر و آهن۲۲۲۰۱، با اسکلت فلزی ۱۴۹۴۰ و با اسکلت خشت و چوب ۲۴۴ واحد می باشد.

تصویر ۱- پراکنش واحد های مسکونی در شهر زنجان بر اساس تعداد طبقات



مأخذ: نگارندگان

روش تحقیق:

در این مقاله از روش تحقیق کمی و تحلیلی- توصیفی استفاده شده است. برای مطالعه شرایط زیست اقلیمی بهینه ساختمان های شهر زنجان، آمار مربوط به فاکتورهای اقلیمی همچون متوسط حداقل و حداکثر دما، متوسط حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، یخبندان، بارش، تابش و سمت و سرعت باد از ایستگاه سینوپتیک زنجان در دوره آماری ۴۰ ساله از سال ۱۳۴۸

تا سال۱۳۸۸جمع‌آوری گردیده است.. سپس با استفاده از نرم افـزار Q-BASIC زاویـه سـمت و ارتفاع خورشید استخراج شده است. با استفاده از روش محاسباتی قانون کسینوس میزان انـرژی تابشی بر روی سطوح قائم در زوایای مختلف محاسبه شده و پـس از تحلیـل و بررسـی داده هـا، جهت‌های بهینه استقرار در دوره‌های سرد و گرم سال مشخص گردید. در نهایـت بـا اسـتفاده از نرم‌افزار کامپیوتری excel اشکال و نمودارها ترسیم گردید.

تجزیه و تحلیل داده ها :

فصول مختلف سال در نتیجه تغییر حرکت گردشی زمین نسبت به خورشید، ازبابت زاویـه تابشی با یکدیگر متمایز هستند در نتیجه میزان دریافت انرژی خورشید در طول سـال متفـاوت است. بنابراین جهت استقرار یک ساختمان نیز تحت تأثیر مقدار انرژی خورشیدی تابیده شده به دیوارهای آن هم در طول سال و هم در ساعات مختلف، تغییر می‌کند. اهمیت تـابش آفتـاب در طراحی اقلیمی به نوع اقلیم منطقه و فصول سال بسـتگی دارد. در شـرایط گـرم حـداقل انـرژی خورشیدی مورد نیاز بوده و ساختمان باید در جهتی قرار گیـرد کـه کـم تـرین تـابش آفتـاب را دریافت نماید. در شرایط سرد نیز جهت ساختمان باید به نحوی باشد که شدت تابش آفتـاب بـر دیوارهای آن به حداکثر رسیده و امکان نفوذ مستقیم اشعه خورشید به فضـاهای داخلـی وجـود نداشته باشد. (البته باید به ایـن نکتـه اساسـی توجـه داشـت کـه میـزان تـأثیر جهـت اسـتقرار ساختمان در شرایط گرمایی هوای داخلی آن به خصوصیات طرح و نوع ساختمان بستگی دارد و چه بسا با انتخاب سطوح خارجی تیره تأثیر جهت به حداکثر خود برسد. چـرا کـه سـطح سـفید بیش تر انرژی دریافتی مستقیم را انعکاس می دهد. پس نتیجه می‌گیریم که با استفاده از رنگ-های مختلف در سطوح خارجی دیوارهای یک ساختمان می‌توان اثرات گرمایی تـابش آفتـاب در هوای داخل آن را کنترل نمود). با توجه به اینکه دوره ماه های سرد در شهر زنجان بـیش تـر از دوره ماه های گرم می باشد لذا هدف این پژوهش تعیین موقعیت بهینه قرارگیری ساختمآن هـا با هدف کسب حداکثر انرژی خورشیدی در فصل سرد در شهر زنجان می باشد تا در مواقع سـرد سال حداکثر انرژی خورشید به نمای اصلی ساختمان بتابد.

در جـدول شـماره (۲) تغییـرات دمـای دو سـاعته زنجـان بـا اسـتفاده از آمـار ایسـتگاه سینوپتیک زنجان استخراج شده است. با استفاده از تغییرات دمای دو ساعته هر ماه و محـدوده-های آسایش حرارتی برای انسان، ماه های نیاز به گرما و سرما مشخص شده اسـت. بـا توجـه بـه

اینکه دمای آسایش برای انسان بین ۱۸ تا ۲۲ درجه است بیش تر ایام در شهر زنجـان نیـاز بـه ورود انرژی خورشید به داخل ساختمان است.

جدول شماره۲- تغییرات دمای ساعتی زنجان در فواصل زمانی دو ساعته(میانگین ماهانه)

ساعت	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۲	-۶	-۶	-۱/۵	۴	۸	۱۲	۱۵/۵	۱۷	۱۳/۵	۸/۵	۴	-۱/۵
۴	-۶/۵	-۷	-۲	۳	۷	۱۱	۱۵	۱۶	۱۲	۷/۵	۲/۵	-۲/۵
۶	-۵/۵	-۷/۵	-۲/۵	۲/۵	۶/۵	۱۰	۱۴	۱۵	۱۱/۵	۶/۵	۲	-۳
۸	-۱/۵	-۶/۵	-۱/۵	۳/۵	۷/۵	۱۱/۵	۱۵/۵	۱۶/۵	۱۲/۵	۸/۵	۳/۵	-۲
۱۰	۱/۵	-۱/۵	۳/۵	۹/۵	۱۴/۵	۱۹/۵	۲۴	۲۵	۲۰/۵	۱۵/۵	۹/۵	۳
۱۲	۳	۱/۵	۶/۵	۱۳/۵	۱۸/۵	۲۴/۵	۲۹	۲۹/۵	۲۵	۲۰	۱۲/۵	۵/۵
۱۴	۲	۳	۸	۲۵	۲۰/۵	۲۶/۵	۳۱/۵	۳۲	۲۷	۲۲/۵	۱۴/۵	۷/۵
۱۶	-۰/۵	۲	۷/۵	۱۴	۱۹/۵	۲۵/۵	۳۰	۳۰/۵	۲۶	۲۱	۱۳/۵	۶/۵
۱۸	-۲/۵	-۰/۵	۴/۵	۱۱	۱۶	۲۱/۵	۲۶	۲۷	۲۲/۵	۱۷/۵	۱۰/۵	۴
۲۰	-۴	-۳	۱/۵	۸	۱۲/۵	۱۷	۲۱/۵	۲۲/۵	۱۸	۱۳/۵	۷/۵	۱/۵
۲۲	-۵	-۴/۵	۰/۵	۶/۵	۱۰/۵	۱۵	۲۰	۲۰/۵	۱۶	۱۱/۵	۶	۰
۲۴	-۵	-۵/۵	-۰/۵	۵	۹/۵	۱۳/۵	۱۷/۵	۱۸/۵	۱۴/۵	۹/۵	۴/۵	-۱

مآخذ: آمار ایستگاه هواشناسی زنجان

برای محاسبه انرژی حرارتی خورشیدی حاصل در سطوح مختلف روش نمودار اولگی (دیاگرام تابشی) و روش‌های محاسباتی مختلفی وجود دارد که در این پژوهش از روش محاسباتی زیر استفاده شده است.

$$I_s = I_N \cos\theta \quad (۱)$$

در رابطه فوق

I_S= شدت تابش بر روی سطح $(BTU/H/FT^2)$

I_N = شدت تابش خورشید بر روی سطح عمود بر پرتوی خورشید $(BTU/H/FT^2)$

θ=زاویه میان شعاع خورشید و خط عمود بر سطح

در رابطه بالا مقدار I_N از طریق فرمول زیر محاسبه می‌گردد که توسط استیفنسو پیشنهاد شده است، (کسمایی، ۱۳۷۸)

(۲)

$$I_{DN} = I^0 \exp(-a / \sinh)$$

در این رابطه:

I_{DN}= حرارت حاصل از تابش مستقیم وعمودی آفتاب

I°= ثابت خورشیدی

a = ضریب خاموشی[۲]

h = زاویه تابش خورشید

همچنین θ زاویه تلاقی میان خورشید و خط عمود بر یک سطح عمودی (دیوار) می‌باشد که به وسیله معادله کسینوس کروی معین می‌گردد،(Watson & Labs, 1983)

(۳)

$$\cos(\theta) = \cos(B)(\cos(\psi) - \cos(\phi))$$

در این رابطه:

B = زاویه تابش

Ø = زاویه جهت تابش

ψ= زاویه جهت دیوار که در مسیر عقربه‌های ساعت از طرف شمال و بر حسب درجه اندازه‌گیری می‌شود.

بدین وسیله با استفاده از فرمول‌های ذکر شده مقدار انرژی دریافتی از خورشید در سطح قائم برای ماه های مختلف و در ۲۴ جهت جغرافیایی برای شهرزنجان محاسبه گردید.

جدول شماره (۳) کل میزان انرژی تابیده شده در سطوح قائم برای کل مواقع سال و ماه-های مختلف آن را نشان می‌دهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

2 - Extinction Coefficient

جدول شماره ۳- میزان انرژی دریافتی در سطوح قائم زنجان (ساعات نظری)
($BTU/H/FT^2$)

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
شمال	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
+۱۵	_	_	_	۱۲/۱۸	۷۱/۳	82/31	73/7	81/3	73/4	11/69	_	_
+۳۰	/۹۱	۱۷/۲	۱۷/۰۴	۸۳/۵۵	213/74	261/2	264	269	221	75/88	15/86	_
+۴۵	۲۴/۹۲	۱۰۲/۸۷	۱۰۵/۴۶	۲۱۰/۴۲	378/9	452/7	458	459	415	187/6	108/4	28/9
+۶۰	۱۱۲/۴۶	۲۵۴/۷	۲۵۰/۷۳	۳۷۷/۷۳	550/7	628/7	640	642	625	329/2	261/9	134/7
+۷۵	۲۶۲/۳۳	۴۵۹/۲۰	۴۳۰/۳۷	۵۴۸/۰۹	708/87	769/2	784	791	773	471/8	251/5	299/1
شرق	۴۶۵/۶۳	۶۹۰/۱۳	۶۲۰	۶۹۸/۳۹	825/23	856/3	865	879	895	600/3	653	503/3
+۱۰۵	۷۰۰/۲۷	۹۳۳/۶۹	۸۲۹/۱	۸۴۳/۸	903/29	874/4	902	983	989	718/1	868/9	738/2
+۱۲۰	۹۵۳/۶۲	۱۱۷۶/۲	۱۰۱۳/۱	۹۵۳/۷	926/45	893	887	958	1014	802/8	1074/5	979/4
+۱۳۵	۱۲۰۳/۸	۱۴۰۰/۷	۱۱۹۳/۷	۱۰۱۸/۳	914/94	818/7	806	873	1006	949/8	1263/1	1228/1
+۱۵۰	۱۴۴۹/۶	۱۶۰۶/۳	۱۳۵۰	۱۰۷۰/۷	857/98	719/3	685	748	841	900/5	1434/7	1473
+۱۶۵	۱۶۲۳/۱	۱۷۶۹/۷	۱۴۸۷/۹	۱۱۱۴/۶	783/62	282/8	538	602	863	931	1493	1635
جنوب	۱۶۸۲/۱	۱۸۶۱	۱۵۴۴/۹	۱۱۴۵/۳	736/65	479/8	434	511	746	1122/7	1714	1696
-۱۶۵	۱۶۲۳/۱	۱۷۶۹/۷	۱۴۸۷/۹	۱۱۱۴/۶	783/62	282/8	538	602	863	931	1493	1635
-۱۵۰	۱۴۴۹/۶	۱۶۰۶/۳	۱۳۵۰	۱۰۷۰/۷	857/98	719/3	685	748	841	900/5	1434/7	1473
-۱۳۵	۱۲۰۳/۸	۱۴۰۰/۷	۱۱۹۳/۷	۱۰۱۸/۳	914/94	818/7	806	873	1006	949/8	1263/1	1228/1
-۱۲۰	۹۵۳/۶۲	۱۱۷۶/۲	۱۰۱۳/۱	۹۵۳/۷	926/45	893	887	958	1014	802/8	1074/5	979/4
-۱۰۵	۷۰۰/۲۷	۹۳۳/۶۹	۸۲۹/۱	۸۴۳/۸	903/29	874/4	902	983	989	718/1	868/9	738/2
غرب	۴۶۵/۶۳	۶۹۰/۱۳	۶۲۰	۶۹۸/۳۹	825/23	856/3	865	879	895	600/3	653	503/3
-۷۵	۲۶۲/۳۳	۴۵۹/۲۰	۴۳۰/۳۷	۵۴۸/۰۹	708/87	769/2	784	791	773	471/8	251/5	299/1
-۶۰	۱۱۲/۴۶	۲۵۴/۷	۲۵۰/۷۳	۳۷۷/۷۳	550/7	628/7	640	642	625	329/2	261/9	134/7
-۴۵	۲۴/۹۲	۱۰۲/۸۷	۱۰۵/۴۶	۲۱۰/۴۲	378/9	452/7	458	459	415	187/6	108/4	28/9
-۳۰	/۹۱	۱۷/۲	۱۷/۰۴	۸۳/۵۵	213/74	261/2	264	269	221	75/88	15/86	_
-۱۵	_	_	_	۱۲/۱۸	71/3	82/31	73/7	81/3	73/4	11/69	_	_

ماخذ: محاسبات نگارندگان

در این جدول (۳) انرژی به دست آمده بصورت تئوریک بوده و برای واقعی کردن، آن ها را در ضرایب (درصد ساعات افتابی) ماه های مختلف ضرب نموده تا میزان انرژی بر روی دیوار قائم بصورت واقعی به دست بیاید. در جدول شماره (۴) متوسط ساعات آفتابی و درصد آن از متوسط طول روز محاسبه شده است.

جدول شماره۴- درصد ساعات آفتابی در زنجان

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
متوسط طول روز در عرض جغرافیایی زنجان	۹/۵۹	۱۰/۳۲	۱۱/۴۳	۱۲/۶	۱۳/۷۴	۱۴/۴۴	۱۴/۴۴	۱۳/۷۴	۱۲/۶۴	۱۱/۳۹	۱۰/۲۸	۹/۵۷
متوسط ساعات آفتابی	۴/۶۱	۵/۳۸	۶/۴۴	۶/۸۳	۸/۴۰	۱۱/۱۵	۱۱/۵۵	۱۱/۳۱	۱۰/۶۱	۸/۷۷	۶/۱۹	۴/۸۴
درصد ساعات آفتابی از روز	٪۴۸	٪۵۲,۳	٪۵۴,۳	٪۵۴,۲	٪۶۱,۱	٪۷۷,۲	٪۷۷,۲	٪۸۲,۳	٪۸۳,۹	٪۷۶,۹	٪۶۰,۲	٪۵۰,۵

مآخذ: آمار ایستگاه هواشناسی زنجان

در جدول شماره (۵) پس از طی این مرحله میزان دریافت انرژی با احتساب ضریب درصد ساعات آفتابی محاسبه و واقعی شده است.

جدول شماره ۵- میزان انرژی دریافتی در سطوح قائم زنجان با احتساب ضریب $(\mathrm{BTU/H}/FT^2)$

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
شمال	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
+۱۵	_	_	_	6/57	43/51	63/37	56/77	49/61	50/68	8/88	_	_
+۳۰_	/43	8/94	9/54	45/11	130/38	201/12	203/6	163/85	152/77	57/66	9/51	_
+۴۵	11/96	53/49	59/05	113/62	231/14	348/6	352/59	280/07	286/28	142/59	65/06	14/45
+۶۰	53/98	132/44	140/4	203/97	335/94	484/13	492/45	391/91	431/43	250/22	157/15	67/35
+۷۵	125/91	238/69	241	295/96	432/41	592/34	603/83	482/46	533/43	358/6	150/91	149/59
شرق	223/5	358/86	347/21	377/13	503/39	659/4	666/28	536/03	617/36	456/27	391/98	251/69
+۱۰۵	336/12	485/51	464/33	455/66	551	673/54	695/04	599/89	682/58	545/8	521/94	369/12
+۱۲۰	457/73	611/68	567/33	515/04	565/13	687/66	683/25	584/56	699/68	610/12	644/72	489/72
+۱۳۵	557/83	728/4	668/47	549/89	558/11	630/42	621/24	532/54	693/88	721/87	757/86	614/06
+۱۵۰	695/82	835/28	756/05	578/19	523/36	553/89	527/26	456/33	580/12	684/37	860/83	736/5
+۱۶۵	779/09	920/27	833/26	601/89	478	217/8	414/36	367/22	595/44	707/61	863/43	817/65
جنوب	807/41	967/76	865/16	618/49	449/35	369/48	334/21	312/1	514/86	853/31	1028/4	848/22
-۱۶۵	779/09	920/27	833/26	601/89	478	217/8	414/36	367/22	595/44	707/61	863/43	817/65
-۱۵۰	695/82	835/28	756/05	578/19	523/36	553/89	527/26	456/33	580/12	684/37	860/83	736/5
-۱۳۵	557/83	728/4	668/47	549/89	558/11	630/42	621/24	532/54	693/88	721/87	757/86	614/06
-۱۲۰	457/73	611/68	567/33	515/04	565/13	687/66	683/25	584/56	699/68	610/12	644/72	489/72
-۱۰۵	336/12	485/51	464/33	455/66	551	673/54	695/04	599/89	682/58	545/8	521/94	369/12
غرب	223/5	358/86	347/21	377/13	503/39	659/4	666/28	536/03	617/36	456/27	391/98	251/69
-۷۵	125/91	238/69	241	295/96	432/41	592/34	603/83	482/46	533/43	358/6	150/91	149/59
-۶۰	53/98	132/44	140/4	203/97	335/94	484/13	492/45	391/91	431/43	250/22	157/15	67/35
-۴۵	11/96	53/49	59/05	113/62	231/14	348/6	352/59	280/07	286/28	142/59	65/06	14/45
-۳۰	/43	8/94	9/54	45/11	130/38	201/12	203/6	163/85	152/77	57/66	9/51	_
-۱۵	_	_	_	6/57	43/51	63/37	56/77	49/61	50/68	8/88	_	_

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

سپس با استفاده از نتایج حاصل از جداول (۳ و ۵) میزان دریافت انرژی سطوح قائم برای دو دوره سرد و گرم اندازه گیری شده و به تفکیک این دو دوره در جداول(۶ و ۷) ارایه شده است.

جدول شماره ۶- میزان انرژی دریافتی در سطوح قائم زنجان با احتساب ضریب در دوره سرد سال (BTU/H/FT^2)

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
شمال	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
+۱۵	_	_	_	6/57	43/51	63/37	56/77	43/12	50/68	8/88	_	_
+_۳۰	/43	8/94	9/54	45/11	130/38	201/12	184/68	121/37	131/47	57/66	9/51	_
+۴۵	11/96	53/49	59/05	113/62	231/14	348/6	306/31	191/18	210/02	142/59	65/06	14/45
+۶۰	53/98	132/44	140/4	203/97	335/94	484/13	408/06	249/45	271/09	250/22	157/15	67/35
+۷۵	125/91	238/69	241	295/96	432/41	592/34	483/42	291/23	311/73	343/14	150/91	149/59
شرق	223/5	358/86	347/21	377/13	503/39	659/4	515/63	312/72	33/35	411/61	391/8	251/69
+۱۰۵	336/12	458/51	464/33	455/66	551	658/55	527/88	310/52	331/36	451/12	521/94	369/12
+۱۲۰	457/73	611/68	567/33	515/04	565/13	657/68	496/88	289/01	305/24	461/99	644/72	489/72
+۱۳۵	557/83	728/4	668/47	549/89	558/11	587/59	432/58	318/72	257/85	508/34	758/86	614/06
+۱۵۰	695/82	835/28	756/05	578/19	515/02	479/1	336/24	187/73	195/51	389/16	860/83	736/5
+۱۶۵	779/09	920/27	833/26	601/89	435/02	116/85	198/76	172/93	117/32	310/88	863/43	817/65
جنوب	807/41	967/76	865/16	618/49	359	167/61	83/26	37/48	26/09	343/58	1028/4	848/22
-۱۶۵	779/09	920/27	833/26	601/89	435/02	116/85	198/76	172/93	117/32	310/88	863/43	817/65
-۱۵۰	695/82	835/28	756/05	578/19	515/02	479/1	336/24	187/73	195/51	389/16	860/83	736/5
-۱۳۵	557/83	728/4	668/47	549/89	558/11	587/59	432/58	318/72	257/85	508/34	758/86	614/06
-۱۲۰	457/73	611/68	567/33	515/04	565/13	657/68	496/88	289/01	305/24	461/99	644/72	489/72
-۱۰۵	336/12	458/51	464/33	455/66	551	658/55	527/88	310/52	331/36	451/12	521/94	369/12
غرب	223/5	358/86	347/21	377/13	503/39	659/4	515/63	312/72	33/35	411/61	391/8	251/69
-۷۵	125/91	238/69	241	295/96	432/41	592/34	483/42	291/23	311/73	343/14	150/91	149/59
-۶۰	53/98	132/44	140/4	203/97	335/94	484/13	408/06	249/45	271/09	250/22	157/15	67/35
-۴۵	11/96	53/49	59/05	113/62	231/14	348/6	306/31	191/18	210/02	142/59	65/06	14/45
-۳۰	/43	8/94	9/54	45/11	130/38	201/12	184/68	121/37	131/47	57/66	9/51	_
-۱۵	_	_	_	6/57	43/51	63/37	56/77	43/12	50/68	8/88	_	_

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

جدول شماره ۷- میزان انرژی دریافتی در سطوح قائم زنجان با احتساب ضریب در دوره گرم سال ($BTU/H/FT^2$)

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
شمال	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
+۱۵	_	_	_	-	_	_	_	6/48	_	_	_	_
+_۳۰	_	_	_	_	_	_	18/91	42/48	21/3	_	_	_
+۴۵	_	_	_	_	_	_	46/27	88/89	76/25	_	_	_
+۶۰	_	_	_	_	_	_	84/38	142/45	160/23	_	_	_
+۷۵	_	_	_	_	_	_	120/4	191/22	221/69	15/45	_	_
شرق	_	_	_	_	_	_	143/72	223/3	284	44/65	_	_
+۱۰۵	_	_	_	_	_	14/99	167/15	289/37	351/22	94/68	_	_
+۱۲۰	_	_	_	_	_	29/99	186/37	295/54	394/43	148/12	_	_
+۱۳۵	_	_	_	_	_	42/82	188/65	213/82	436/03	213/53	_	_
+۱۵۰	_	_	_	_	8/33	74/79	191/02	268/59	384/61	295/2	_	_
+۱۶۵	_	_	_	_	42/98	114/95	194/81	194/28	478/11	396/72	_	_
جنوب	_	_	_	_	95/22	201/87	250/9	274/61	488/76	509/73	_	_
-۱۶۵	_	_	_	_	42/98	114/95	194/81	194/28	478/11	396/72	_	_
-۱۵۰	_	_	_	_	8/33	74/79	191/02	268/59	384/61	295/2	_	_
-۱۳۵	_	_	_	_	_	42/82	188/65	213/82	436/03	213/53	_	_
-۱۲۰	_	_	_	_	_	29/99	186/37	295/54	394/43	148/12	_	_
-۱۰۵	_	_	_	_	_	14/99	167/15	289/37	351/22	94/68	_	_
غرب	_	_	_	_	_	_	143/72	223/3	284	44/65	_	_
-۷۵	_	_	_	_	_	_	120/4	191/22	221/69	15/45	_	_
-۶۰	_	_	_	_	_	_	84/38	142/45	160/23	_	_	_
-۴۵	_	_	_	_	_	_	46/27	88/89	76/25	_	_	_
-۳۰	_	_	_	_	_	_	18/91	42/48	21/3	_	_	_
-۱۵	_	_	_	-	_	_	_	6/48	_	_	_	_

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

نتایج تحقیق:

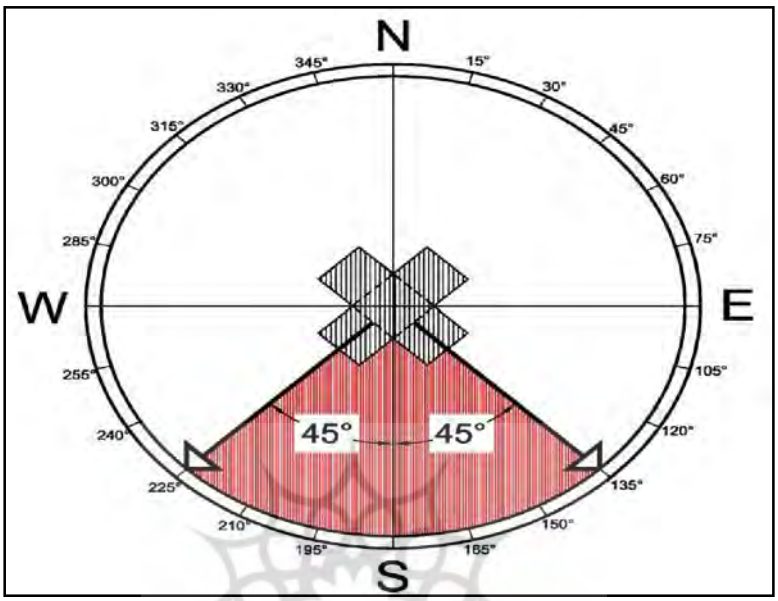
حال با توجه به نتایج جداول (۶ و ۷)، میزان انرژی بر روی دیوار قائم در دوره سرد و گرم و اختلاف بین آن ها در جدول شماره (۸) ارائه می گردد که بر اساس آن اولویت های استقرار ساختمان در جهت های مختلف جغرافیایی اولویت بندی شده است.

جدول شماره۸- تعیین اختلاف دوره سرد و گرم و اولویت بندی

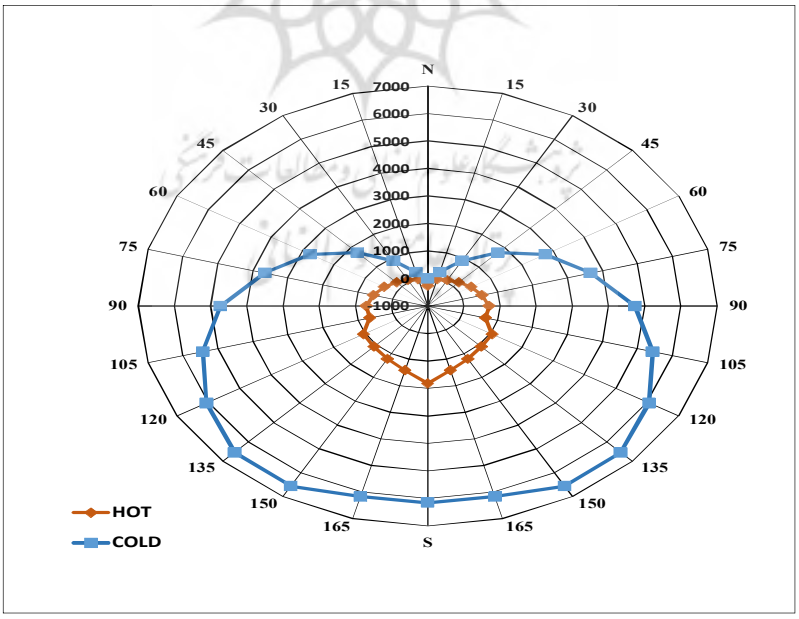
جهت	گرم	سرد	اختلاف دوره سرد و گرم	اولویت بندی
شمال	-266.42	0	0	اولویت سیزدهم
جهت۱۵	6.48	272.9	266.42	اولویت دوازدهم
جهت۳۰	82.69	900.21	817.52	اولویت یازدهم
جهت۴۵	211.41	1747.47	1536.06	اولویت دهم
جهت۶۰	387.06	2754.12	2367.06	اولویت نهم
جهت۷۵	548.76	3656.33	3107.57	اولویت هشتم
جهت۹۰	695.67	4724.29	4064.62	اولویت هفتم
جهت۱۰۵	656.41	5436.11	4780	اولویت پنجم
جهت۱۲۰	1054.45	6062.15	5007.7	اولویت سوم
جهت۱۳۵	1094.85	6540.7	5445.85	اولویت اول
جهت ۱۵۰	1222.54	6565.43	5342.89	اولویت دوم
جهت۱۶۵	1421.85	6176.35	4754.5	اولویت چهارم
جنوب	1821.14	6152.47	4331.3	اولویت ششم
جهت۱۶۵-	1421.85	6176.35	4754.5	اولویت چهارم
جهت ۱۵۰ -	1222.54	6565.43	5342.89	اولویت دوم
جهت۱۳۵-	1094.85	6540.7	5445.85	اولویت اول
جهت۱۲۰-	1054.45	6062.15	5007.7	اولویت سوم
جهت۱۰۵-	656.41	5436.11	4780	اولویت پنجم
جهت۹۰-	695.67	4724.29	4064.62	اولویت هفتم
جهت۷۵-	548.76	3656.33	3107.57	اولویت هشتم
جهت۶۰-	387.06	2754.12	2367.06	اولویت نهم
جهت۴۵-	211.41	1747.47	1536.06	اولویت دهم
جهت۳۰-	82.69	900.21	817.52	اولویت یازدهم
جهت۱۵-	6.48	272.9	266.42	اولویت دوازدهم
شمال	0	0	0	اولویت سیزدهم

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

نمودار شماره۱- تغییرات میزان انرژی خورشیدی دریافتی در جهات مختلف در مواقع سرد وگرم را بر روی دیوار قائم نشان میدهد.



نمودار شماره ۲- نمودار مقدار تابش آفتاب در تمام جهات در کل سال



مآخذ: محاسبات نگارندگان

همان گونه که در این جداول مشاهده می شود، در کل مواقع سال انرژی خورشیدی دریافت شده بر سطوح مختلف در جهات شرقی و غربی تقارن دارند. بیش ترین مقدار انرژی دریافتی در ماه های سرد و گرم متعلق به سطوح ۱۵۰+ جنوب شرقی و ۱۵۰- جنوب غربی بوده و کم ترین میزان انرژی دریافتی در ماه های گرم و سرد متعلق به ۱۵+ و ۱۵- شمال شرقی و غربی می‌باشد. لیکن این جهت ها در رابطه با کسب انرژی خورشیدی در مواقع سرد و گرم عملکرد متفاوتی دارند. جهات ۱۳۵+ جنوب شرقی و ۱۳۵- جنوب غربی بیش ترین میزان اختلاف انرژی دریافتی در ماه های گرم و سرد سال را دارند. بر طبق نمودار شماره (۱) جهات جنوبی بیش ترین مقدار انرژی را در مواقع گرم سال و جهات شمالی کم ترین مقدار را در مواقع سرد دریافت می‌کنند. لذا با توجه به ضابطه تعیین شده برای انتخاب بهترین جهات استقرار ساختمان در شهر زنجان به منظور دریافت بیش ترین میزان انرژی خورشید، جهت جنوب شرقی و جنوب غربی جهت اپتیمم و جهات۱۵ الی ۴۵ درجه شمال شرقی و غربی جزو جهات قابل قبول از نظر دریافت نکردن انرژی می باشند. با توجه به نتایج حاصل از جدول شماره (۸) و نمودار شماره (۱)، دو جهت با زاویه آزیموت ۱۳۵ درجه و ۲۲۵ درجه بهترین جهت استقرار ساختمان به منظور دریافت بهینه میزان انرژی خورشیدی در سطوح قائم در شهر زنجان می-باشد.

نتیجه گیری:

شهر زنجان با توجه به قرار گرفتن در عرض جغرافیایی بالا (۳۶ درجه شمالی)، ارتفاع ۱۶۰۰متر از سطح دریا و داشتن دوره سرد طولانی و دوره گرم کوتاه، دارای موقعیت جغرافیایی خاص می باشد. در شهر زنجان باتوجه به اهمیت کسب حداکثر انرژی خورشیدی در فصل سرد سال، ساختمان ها باید به نحوی طراحی گردند که در مواقع سرد سال بیش ترین میزان انرژی خورشیدی را از سطوح قائم دریافت کنند. لذا جهت گیری ساختمان باید بر اساس این باشد که در دوره سرد بیش ترین میزان انرژی و در دوره گرم کم ترین میزان انرژی توسط جداره ها دریافت شود. در این مقاله برای محاسبه انرژی حرارتی خورشیدی در سطوح مختلف از روش محاسباتی قانون کسینوس و اطلاعات اقلیمی ایستگاه سینوپتیک شهر زنجان برای دوره ۴۰ ساله (۱۳۸۸-۱۳۴۸) استفاده شده است. با استفاده از قانون کسینوس مقدار انرژی دریافتی از خورشید (بصورت تئوریک و واقعی) در سطوح قائم برای ماه های مختلف و در ۲۴ جهت

جغرافیایی برای شهر زنجان محاسبه گردید. پس از محاسبه میزان انرژی دریافتی سطوح قائم در کل سال و در دوره ماه های سرد و گرم سال نتایج زیر حاصل گردید:

- سطوح قائم ۱۵۰+ جنوب شرقی و ۱۵۰- جنوب غربی بیش ترین میزان انرژی و سطوح قائم ۱۵+ و ۱۵- شمال شرقی و غربی کم ترین میزان انرژی را در طول ماه های سرد و گرم سال دریافت می کنند.

- بیش ترین اختلاف انرژی دریافتی در دوره گرم و سرد سال مربوط به سطوح قائم در جهات ۱۳۵+ درجه جنوب شرقی و ۱۳۵- درجه جنوب غربی می باشد.

- به منظور دریافت بهینه مقدار انرژی خورشید در شهر زنجان، بهترین اولویت جهت استقرار ساختمان زاویه آزیموت ۱۳۵ درجه و ۲۲۵ درجه می باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ:

۱- برزگر، زهرا و حیدری، شاهین، بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، دوره ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲

۲- حسین آبادی، سعید و همکاران، طراحی اقلیمی ساختمان های مسکونی شهر سبزوار با تاکید بر جهت گیری ساختمان و عمق سایبان، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۷، تابستان ۱۳۹۱

۳- حیدری، محمد جواد و همکاران، ارزیابی زیست اقلیم انسانی شهر زنجان و نقش آن در طراحی مسکن،فصلنامه نگرش های نو در جغرافیای انسانی، سال چهارم، شماره دوم، بهار ۱۳۹۱

۴- ریاضی، جمشید، اصول محاسبه انتقال حرارت در اجزای ساختمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ۲۱۱،

۵- سبز پوشانی، مجید و همکاران، بررسی تاثیر جهت گیری، جنس و رنگ جداره بیرونی ساختمان بر حرارت اکتسابی از خورشید، پنجمین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران ۱۳۸۵

۶- عدل، احمد حسین، تقسیمات اقلیمی و رستنی‌های ایران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۳۹.

۷- عزیزی، قاسم،تغییر اقلیم ، نشر قومس، ۱۳۸۳

۸- علیجانی، بهلول، نگرشی نو در کاربرد آب و هوا در مدیریت منابع و توسعه کشور(نقش آب و هوا در طراحی مسکن)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳۵، ۱۳۷۴

۹- قبادیان، وحید و مهدوی محمد فیض، طراحی اقلیمی (اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان)، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهاردهم،۱۳۹۱

۱۰- قیابکلو، زهرا، تنظیم شرایط محیطی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، چاپ هشتم، ۱۳۹۳

۱۱-کاویانی، محمدرضا، بررسی زیست‌اقلیم انسانی ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲۸، ۱۳۷۲.

۱۲-کسمایی، مرتضی، پهنه‌بندبی اقلیمی ایران مسکن ومحیط‌های مسکونی، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۱۳۷۲.سمایی، مرتضی، اقلیم و معماری، انتشارات شرکت خانه‌سازی ایران، ۱۳۶۳

۱۳-لشکری، حسن،موزومی،سارا،سلکی،هیوا و لطقی،کورش ، بهینه سازی جهت گیری بناهای ساختمانی در شهر اهواز بر اساس شرایط اقلیمی، جغرافیای طبیعی، سال چهارم، شماره ۱۲، تابستان ۱۳۹۰

14- Barzegar.z., et al, Evaluuation of the effect of biulding - orientation on achieved solar radiation-a NE-SW orientated case of urban residence in semi-arid climate, international Journal of Architectural Engineering & Urban Planning,vol.22,no.2,2012

15- Santos,j.p., et al, The effect of solar orientation in energy consumption for climate office building located in the city of santamaria, 28 th conference opportunities,limits & needs towards an environmentally responsible architecture,lima peru,2012

16- http://nigc-zanjan.blogfa.com

17- http:/www.zedc.ir

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی