



جغرافیا و روابط انسانی، بهار ۱۴۰۳، دوره ۶، شماره ۴، صص ۳۵-۱

بررسی میزان سازگاری مدارس سنندج با اصول آب‌وهواشناسی معماری

آرام بهجتی^۱، سارا صادقی*^۲، ثریا صادقی^۳

۱- کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، آب و هواشناسی کاربردی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲- دانشجوی دکترا، گروه باستان‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

sara_sadeghi809@yahoo.com

۳- کارشناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه پیام نور، سنندج، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۶

چکیده

شناخت توان آسایش زیست اقلیمی یا بیوکلیماتیک، در معماری مراکز آموزشی از جمله مدارس، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. توجه به خصوصیات اقلیمی و اثراتی که اقلیم در شکل‌گیری این گونه ساختمان‌ها می‌گذارد، از نظر آسایش حرارتی و هماهنگی ساختمان، با شرایط اقلیمی موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی شده و از لحاظ زیست محیطی، سالم‌تر و بهتر است. هدف از پژوهش حاضر بررسی میزان سازگاری مدارس سنندج با اصول آب‌وهواشناسی معماری است. داده‌های استفاده شده در این پژوهش شامل میانگین باد، بارش ماهانه، تابش آفتاب، میانگین حداقل و حداکثر دما، میانگین حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، میانگین ماهانه دما و رطوبت، میانگین دمای خشک و تر و فشار بخار می‌باشد. این متغیرها در طی دوره آماری ۴۵ ساله (۱۹۶۱-۲۰۰۵) از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سنندج، بررسی شدند. برای رسیدن به هدف مذکور ۲۰ مدرسه، در نقاط مختلف شهر سنندج انتخاب شده است. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی و از حیث نوع تحقیق کاربردی می‌باشد. جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از بررسی میدانی و کتابخانه‌ای است. ابتدا با استفاده از معیارهای ماهانی، گیونی، اوانز، و ترجونگ، آسایش حرارتی در شهر سنندج مشخص گردید. برای طراحی اقلیمی مدارس سنندج، به مسایلی مانند جهت استقرار ساختمان مدرسه در ارتباط با زاویه تابش و باد، ابعاد پنجره‌ها و باز شوها، تعیین عمق و اندازه سایبان و فضای سبز موجود در مدارس شهر سنندج بررسی شده است.

نتایج تحقیق نشان داد که با توجه به دو شاخص آسایش حرارتی بررسی شده (ماهانی و ترجونگ)، به این نتیجه می‌رسیم که در شرایط روز از ۱۲ ماه (۴ ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور گرم، ۳ ماه فروردین، اردیبهشت و مهر آسایش و ۵ ماه آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند سرد)، است. شرایط شب از ۱۲ ماه (۳ ماه خرداد، تیر و مرداد آسایش و ۹ ماه شهریور، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت سرد)، است و در شاخص ترجونگ: ۱- شرایط روز از ۱۲ ماه (۴ ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور گرم، ۲ ماه اردیبهشت و مهر آسایش و ۵ ماه آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین سرد)، است. ۲- شرایط شب در ۱۲ ماه (۱۲ ماه سرد)، است.

کلید واژگان: معماری اقلیمی، آسایش حرارتی، شاخص‌های معیار اقلیمی، مدارس، سنندج.

مقدمه

یکی از مسائل روز دنیا بحث صرفه‌جویی در مصرف انرژی و آلودگی هوا است. استفاده از نیروهای طبیعی نه تنها محیط زندگی را به فضایی آسوده تبدیل می‌کند لذا؛ هم محیط زیست را از آلوده شدن نجات می‌دهد و هم در کاهش مصرف انرژی نیز تاثیر فراوانی خواهد داشت. علاوه بر این پیروی از زندگی مدرن و پیامدهای مصرف بی‌رویه انرژی‌های فسیلی، مردم را از ساخت‌وساز و زندگی در خانه‌هایی که با اقلیم منطقه مطابقت داشته، بیرون کشانده و ساختمان‌هایی به وجود آورده که نیاز به مصرف انرژی بالایی دارند. بنابراین، حرکت به سوی بهره‌گیری از منابع طبیعی و پتانسیل‌های موجود در هر منطقه جهت فراهم آوردن رفاه پایدار، ضرورت انکارناپذیری است.

مدرسه به عنوان فضای آموزش و پرورش، نقش اساسی در ساختار اجتماعی، فرهنگی جامعه ایفا می‌کند، نظام آموزشی، روش و محتوای آموزش از یک سو و فضای آموزشی از سوی دیگر، دو عامل مهم و موثر در پرورش و رشد کودکان و نوجوانان محسوب می‌گردد. فضای آموزشی را نمی‌توان فقط مدرسه تلقی کرد بلکه کودک و نوجوان از کلیه موضوعات، اتفاقات و مشاهدات که از طریق پنج حس خود دریافت می‌دارد به عنوان منابع آموزشی و اطلاعاتی تاثیر پذیرفته و در رفتار آینده او موثر می‌باشد. در نتیجه محیط زندگی در زیست‌انسانها شامل محیط طبیعی، محیط کالبدی مصنوع ساخته دست انسان و محیط اجتماعی، فرهنگی و غیره همگی از عوامل موثر در رشد و پرورش کودکان و نوجوانان محسوب می‌گردد. ساختمان‌های آموزشی، به دلیل ویژگی کاملاً متفاوتی که از نظر زمان اشغال فضا و عملکرد، نسبت به ساختمان‌های مسکونی دارند، به نحو کاملاً متفاوتی تحت تاثیر شرایط اقلیمی قرار می‌گیرند. ساختمانهای آموزشی معمولاً تنها در روز مورد استفاده قرار می‌گیرند و بار داخلی آنها در زمان اشغال فضاها زیاد است. به علاوه در طراحی و ساخت ساختمان‌های آموزشی، آزادی عمل بیشتری نسبت به ساختمان‌های مسکونی وجود دارد. به این دلیل، در تامین نیازهای حرارتی ساختمان‌های آموزشی، بخصوص در فصل سرد، می‌توان از نیروهای طبیعی حداکثر استفاده را به عمل آورد. در مناطق مختلف جهان نمونه‌های موفقی از این ساختمان‌ها وجود دارد که در کل دوره تحصیلی، نیازهای حرارتی فضاهای داخلی را به صورت طبیعی تامین می‌نماید. دلایل فوق، ضرورت انجام مطالعات خاص در خصوص میزان و نحوه تاثیر پذیری و شکل‌گیری ساختمان‌های آموزشی از شرایط اقلیمی را نشان می‌دهد.

در سال‌های اخیر برای ساخت سریعتر مدرسه و مصرف کمتر مصالح ساختمانی و ارزانتر تمام شدن هزینه نهایی، ساختمان مدارس را بدون توجه به معیارهای اقلیمی بنا می‌کردند. یا اینکه در بعضی مکان‌ها برای نمای بهتر

ساختمان از مصالحی استفاده می‌کردند که سازگاری کمتر با اقلیم داشت. بنابراین مسولان مدارس مجبور بودند برای تامین آسایش دانش‌آموزان، از سوخت و انرژی زیادتری برای سرمایش و گرمایش، استفاده بکنند. از طرفی ۳۰ درصد جمعیت کشور را دانش‌آموزان تشکیل می‌دهند که، آگاه‌سازی فرزندان ایران زمین و بیان راه‌های جلوگیری از اتلاف انرژی برای آنها می‌تواند فرهنگ صرفه‌جویی را در آنها نهادینه کند. هم‌چنین ارائه روش‌های صحیح، مبتنی بر شرایط اقلیمی در هر منطقه و بخصوص برای طراحی ساختمان مدارس می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف انرژی در مراکز آموزش ملی نیز باعث صرفه‌جویی ارزی قابل توجهی شده و حتی می‌تواند در بعد آسایش روحی - روانی دانش‌آموزان، تامین سلامت آنها، حفاظت محیط زیست و مقابله با آلودگی هوا به ویژه در نواحی متراکم شهر مفید واقع شود. این تحقیق به بررسی سازگاری مدارس سنندج با معماری اقلیمی پرداخته است. وقتی که به بررسی مدارس شهر سنندج پرداختیم ۲۰ مدرسه از نقاط مختلف شهر را انتخاب نمودیم تا معیار مناسبی برای کل شهر باشد. که در ابتدا با شاخص‌های ماهانی و ترجونگ به بررسی آسایش حرارتی پرداختیم و سپس به طراحی اقلیمی مدارس یعنی مباحثی مانند بررسی جهت ساختمان با توجه به تابش آفتاب و وزش باد، ابعاد باز شو و پنجره‌ها، فضای سبز موجود در مدارس و بررسی عمق سایبان پرداختیم و در نهایت میزان سازگاری این مدارس با شرایط موجود را بررسی کردیم.

پیشینه تحقیق

موضوع اقلیم معماری یکی از موضوعات مرتبط با آب و هوا و تاثیرات آن بر مسکن و ساختمان و مخصوصاً مدرسه‌ها می‌باشد. معماران در زمان‌های گذشته بر اثر تجربه، اثرات باد و آفتاب و باران را بر مسکن و بناها می‌دانسته‌اند و روش‌های جالبی نیز برای کاهش اثرات نامطلوب این عوامل ارائه داده‌اند. با توجه به تاثیرات گسترده اقلیم در آسایش انسان، همواره انسان‌ها در جستجوی تامين حداکثر بهره‌مندی از آسایش اقلیمی بوده‌اند و در این راه تمهیدات زیادی انجام داده‌اند. اندیشمندان در طول اعصار گذشته تا به حال نظریات و اصول مختلفی را جهت رسیدن به آسایش انسان مطرح نموده‌اند، در سده‌های گذشته که هنوز اصول علمی در مورد آسایش انسان مطرح نبود دانشمندی به نام هارکوس ویترویس در سال ۱۴۸۲ یک سری کلیات درباره شرایط اقلیمی جهت‌گیری کوچه‌ها و خیابان‌ها در ارتباط با باد غالب، درجه حرارت و غیره را مورد بحث قرار می‌دهد و در راس این مسائل، سلامتی انسان را مطرح می‌کند. اولگی^۱ جدولی به نام جدول زیست اقلیمی 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

¹ - Olgyay

آسایش ایجاد می‌نماید، نشان داده می‌شود (Olgyay, 1963). گیونی^۱ با اشاره به محدودیت‌های روش اولگئی، جدول زیست اقلیمی ساختمانی را پیشنهاد نمود، این جدول، علاوه بر آن که منطقه آسایش را به طور دقیق‌تری در رابطه با دما و رطوبت نشان می‌دهد، حدود سودمندی عناصر مختلف را نیز در تنظیم شرایط حرارتی هوای داخل ساختمان مشخص می‌نماید (Givoni, 1989). وی عوامل تابش باد و جهت استقرار ساختمان را در کنترل حرارت فضای داخلی توضیح می‌دهد و راه‌حل‌هایی جهت استفاده از تابش خورشیدی برای گرم کردن ساختمان ارائه می‌نماید. هویی^۲ و چانگ^۳ بررسی‌های مهمی برای استفاده از عناصر اقلیمی در طراحی معماری و انرژی ساختمان انجام دادند (Hui, Chung, 1977). کیف^۴ در سال ۲۰۰۴ به منظور تهیه اطلاعاتی کلی و مناسب جهت استفاده بهینه از انرژی غیرفعال خورشیدی در برنامه‌ریزی‌های شهری و طراحی ساختمان، با استفاده از جدول ماهانی دوره ۲۵ ساله عناصر اقلیمی را برای شهر نیکوزیا در قبرس مورد تحلیل قرار داده و استراتژی‌های پیش‌طراحی را محاسبه و ارائه نموده است (Kefa, 2004). باروس^۵ و آلخورا^۶ در سال ۱۹۹۹ راهبرد‌های طراحی اقلیمی را در شهرهای زونت برزیل مطالعه نمودند و شاخص آسایش حرارتی را جهت ارزیابی وضعیت محلی فشار زیست اقلیمی از استان تو صیه نموده‌اند (Eleonora, Barros, 1999). واتسون^۷ و لیبز^۸ (۱۳۶۱)، در کتاب طراحی اقلیمی، به بررسی مصرف و کنترل انرژی در ساختمان پرداخته‌اند. در این کتاب انواع طرح‌ها برای حفظ انرژی در ساختمان ارائه گردیده است و اصول زیادی در رابطه با استفاده از حرارت خورشید، کاهش نفوذ هوای خارج به ساختمان و کاهش جذب حرارت خورشید مطرح شده است (واتسون و لیبز، ۱۳۶۱). قلمی‌زاده ارات‌بنی و ابونوری در سال ۱۴۰۱ به بررسی تاثیر اقلیم‌های آب و هوایی بر سیستم مدیریت انرژی ساختمان ر سبد هزینه خانوار پرداختند (قلمی‌زاده ارات‌بنی، ابونوری، ۱۴۰۱). در خصوص حوزه مورد مطالعه ما یعنی استان کردستان می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره کرد: قربانی و هم‌کارانش به بررسی سازگاری بافت قدیم

¹ Givoni

2- Hui

3- Cheung

9- Kefa

⁵ Barrots

6- Eleonora

7- Watson

⁸ - Lebz

و جدید شهر سنندج پرداختند که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد بافت قدیم دارای بیشترین سازگاری با اقلیم محل و بافت جدید دارای کمترین سازگاری می‌باشد و در مجموع حدود ۵۰ درصد از مسکن شهر سنندج با شرایط اقلیمی سازگار هستند (قربانی، ۱۳۸۴). خداکرمی و شمس، پس از بررسی معماری هم‌ساز با اقلیم در سنندج دریافتند که معماری سنتی در این منطقه هم به لحاظ استفاده از انرژی تجدیدپذیر، هم به لحاظ پایین بودن قیمت ساخت و ساز و هم به خاطر آلوده نکردن محیط زیست بسیار با محیط سازگار است، اما سازه‌های جدید به خاطر استفاده بیش از حد از منابع تجدیدناپذیر و باعث شدن آلودگی برای محیط، نا سازگاری‌های فراوانی را برای محیط ایجاد کرده‌اند (شمس و خداکرمی، ۱۳۸۹). محمدرضا در سال ۱۳۸۲ جهت استقرار ساختمان‌ها در شهر مریوان را مطالعه نموده است و با توجه به اقلیم مریوان، جهت تابش و باد غالب در ماه‌های مختلف، جهت جنوب شرقی برای جهت استقرار ساخت و ساز را توصیه می‌کند (محمدرضا، ۱۳۸۲). باتوجه به مطالب فوق و سایر مطالعاتی که در زمینه اقلیم و معماری انجام شده است؛ تاکنون کسی به بررسی شاخص‌های معماری متناسب با اقلیم شهر سنندج، به بررسی میزان سازگاری مدارس سنندج با این استانداردها پرداخته است، در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان راهکارهایی برای نزدیکتر شدن فضاهای آموزشی به محدوده‌های آسایش حرارتی و استفاده بیشتر از انرژی بی‌پایان خورشید برای استفاده دانش‌آموزان ارائه کرد. و از طرفی نیز با این پژوهش راهکارهایی هر چند کوچک برای امکان صرفه‌جویی در منابع با ارزش انرژی و نیز جلوگیری یا کم کردن آلودگی‌های زیست‌محیطی راهگشا باشیم.

اهداف تحقیق

الف- بررسی میزان سازگاری مدارس شهر سنندج با اصول معماری اقلیمی؛ ب- شناخت محدوده آسایش حرارتی سالانه شهرستان سنندج؛ ج- تعیین ویژگی‌های اقلیم معماری در شهرستان سنندج؛ د- ارائه پیشنهاد و راهکار لازم برای تامین آسایش اقلیمی بیشتر، در مدارس.

روش تحقیق

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، شامل دو بخش است:

الف- متغیرهای هواشناسی: در ابتدا شرایط آسایش حرارتی شهر سنندج با مقیاس‌های ماهانی و ترجونگ با متغیرهای اقلیمی زیرکه از سازمان هواشناسی استان کردستان اخذ گردیده‌اند، محاسبه شده‌اند.

- متوسط حداکثر و حداقل دما به سانتی‌گراد.
 - متوسط ماهانه دما به سانتی‌گراد.
 - متوسط حداکثر و حداقل رطوبت نسبی به درصد.
 - متوسط رطوبت نسبی هرماه به درصد.
 - مجموع بارندگی سالانه به میلی‌متر.
 - باد غالب و نائب غالب به متر بر ثانیه.
 - میانگین دمای خشک ماهانه به سانتی‌گراد.
 - میانگین دمای تر ماهانه به سانتی‌گراد.
 - میانگین ساعات آفتابی به تعداد ساعت.
- ب- داده‌های معماری: داده‌های معماری که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است، عبارتند از دو بخش: ۱- مشخصات معماری مدارس که شامل: زاویه و جهت قرارگیری ساختمان در ارتباط با تابش خورشید و باد، تعداد و ارتفاع بازشوها و پنجره‌های کلاس، نوع و عمق سایبان‌ها و میزان فضای سبز در مدارس می‌باشد. ۲- مشخصات عمومی مدارس که شامل: مساحت کل مدرسه، مساحت زیربنا، تعداد دانش‌آموز و تعداد کلاس می‌باشد.
- در این پژوهش، به کمک داده‌های فوق، رابطه بین متغیرهای اقلیمی و داده‌های معماری به کمک شاخص‌های زیست اقلیمی (ماهانی، اوانز، گیونی و ترجونگ) مورد بررسی قرار گرفته که در روش‌ها تشریح شده است.

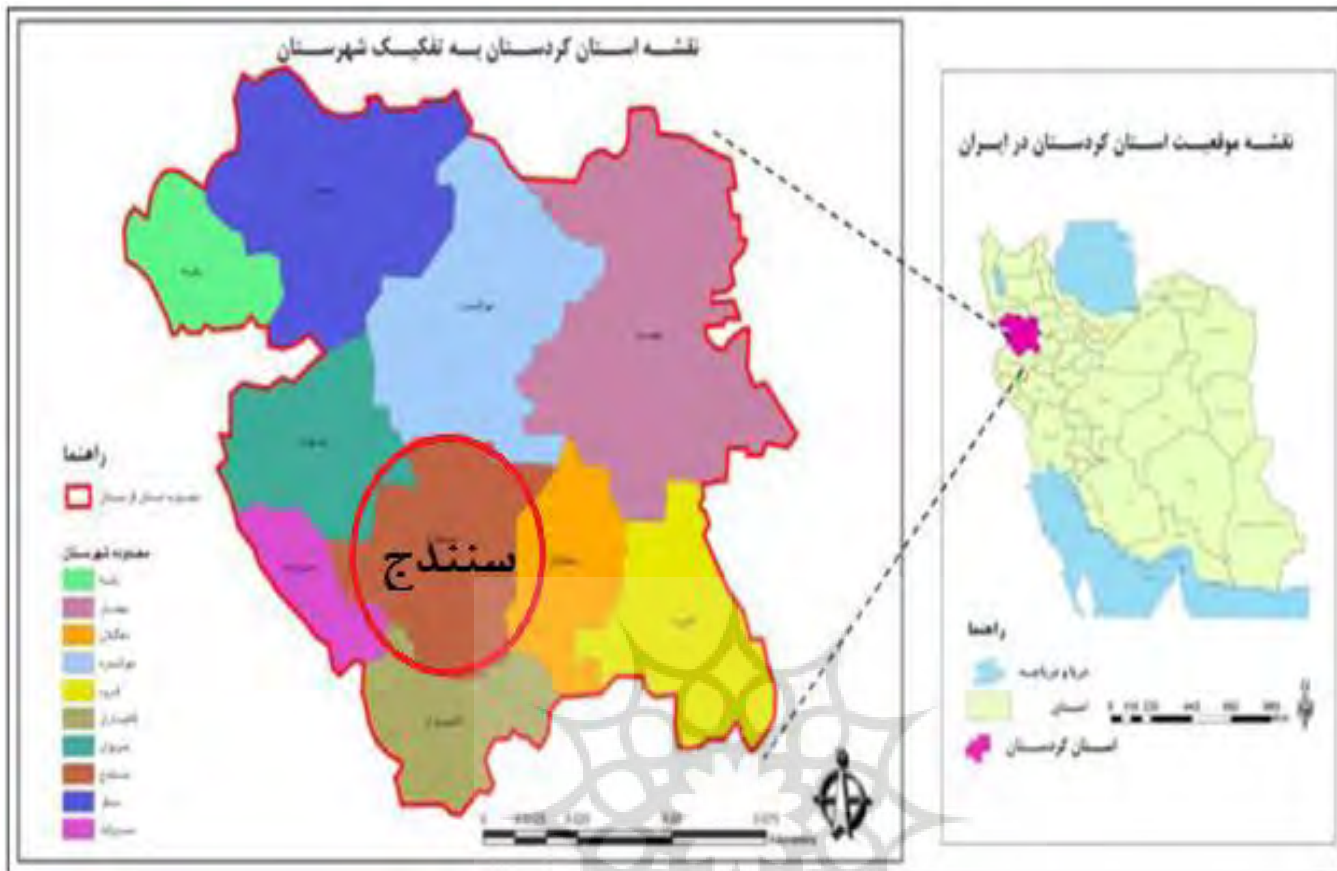
بر این اساس تحقیق پیش‌رو با روش زیر صورت گرفته است:

بر طبق داده‌های بخش الف، روش‌ها را با دو بخش: الف) شاخص‌های آسایش حرارتی (ماهانی و ترجونگ) و ب) الگوهای طراحی اقلیمی (زاویه و جهت قرارگیری ساختمان در ارتباط با تابش خورشید و باد، تعداد و ارتفاع بازشوها و پنجره‌های کلاس، نوع و عمق سایبان‌ها و میزان فضای سبز در مدارس)، تشریح شده است که برای انجام این امر از نرم افزارهای Word, Excel, Paint و Wind Rose جهت رسم جداول، نمودارها و نقشه‌ها استفاده شده است.

حوزه مورد مطالعه

شهرستان سنندج با ارتفاع $1373/4$ متر از سطح دریا و وسعت تقریبی 28235 کیلومتر مربع مرکز استان کردستان می‌باشد که در فاصله 501 کیلومتری جنوبی تهران در طول جغرافیایی 45 درجه و 34 دقیقه تا 48 درجه و 14 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 34 درجه و 45 دقیقه تا 36 درجه و 28 دقیقه شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). آب‌وهوای کردستان در پهنه‌بندی‌های اقلیمی دارای زمستان‌های شدیداً سرد تا نسبتاً سرد و تابستان‌های معتدل تا نیمه گرم خشک می‌باشد (قربانی، $1384: 48$). بر طبق جدول ۱ سردترین ماه سال، ژانویه با $5/3-$ سانتیگراد می‌باشد. و گرمترین ماه سال، آگوست با $36/8$ درجه سانتیگراد می‌باشد. میزان بارش سالانه، $458/4$ میلیمتر می‌باشد. دو ماه مارس و آوریل پر بارانترین ماه سال و دو ماه آگوست و سپتامبر کم بارانترین ماه‌های سال می‌باشند. همچنین جهت باد غالب منطقه جنوبی و با میانگین سرعت $8/7$ متر بر ثانیه می‌باشد. بیشترین ساعت آفتابی در ماه آگوست با $235/6$ ساعت و کمترین ساعت آفتابی در ماه ژانویه با $133/1$ ساعت می‌باشد (جدول ۱). وضعیت توپوگرافی شهر و کوه‌های آن باعث گردیده که شهر به صورت طبیعی در یک جام فضایی محصور گردد و شبکه‌های ارتباطی اصلی و فرعی و قرارگیری محلات به روی دامنه تپه‌ها به تبعیت از شیب زمین بوده و بناچار قسمت اعظم ساختمان‌ها به صورت پله‌ای و تراس‌بندی استقرار یافته‌اند (شکل ۲). چنین ویژگی از توپوگرافی باعث گردیده الگوهای مسکن متفاوتی در شهر سنندج شکل گیرد و در هم آن‌ها بتوان اثر توپوگرافی را مورد مطالعه قرار داد (قربانی، $1384: 49$).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 رتال جامع علوم انسانی



شکل ۱. نقشه موقعیت شهر سنندج (ماخذ: شمعی و احمدی، ۱۳۹۵: ۱۲۱)

جدول ۱. مشخصات اقلیمی شهر سنندج طی دوره آماری (۱۹۶۱-۲۰۰۵)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 رتال جامع علوم انسانی

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین دما (C°)	0/0	1/7	6/8	12/1	16/9	22/5	27/1	26/5	21/1	15/1	8/4	3/2
حداقل دما (C°)	-5/3	-3/9	0/5	4/9	8/5	12/6	17/5	16/6	10/6	6/2	1/4	-2/5
حداکثر دما (C°)	5/5	7/5	13/3	19/4	25/4	32/4	32/8	36/8	31/7	24/2	15/4	8/8
میانگین رطوبت نسبی (%)	71	68	58	52	46	30	25	25	29	43	59	68
حداقل رطوبت نسبی (%)	53	48	38	31	25	14	12	12	13	23	37	48
حداکثر رطوبت نسبی (%)	86	86	82	80	75	56	46	46	53	68	82	85
مقدار بارش (mm)	65/1	60/4	79/9	72/4	37/7	2/1	1/0	0/5	0/8	24/6	58/2	55/7
تعداد ساعت آفتابی	133/1	149/2	191/7	214/1	280/0	348/0	353/3	335/6	298/6	246/2	181/2	142/1
سرعت باد غالب (m/s)	8/2	9/6	9/8	10/2	9/3	8/7	7/7	7/6	8/1	8/8	8/9	8/6
جهت باد غالب (m/s)	180	180	180	180	180	180	360	360	180	180	180	180
دمای تر (C°)	-1/79	-0/60	3/37	7/69	10/93	13/33	15/58	14/99	11/8	8/86	4/79	0/67
دمای خشک (C°)	-0/1	1/7	1/7	12/7	18	24/3	28/8	27/9	22/5	15/7	8/4	2/9

(ماخذ: سازمان هواشناسی کشور (www.chaharmahalmet.ir))



شکل ۲. نقشه مدل ارتفاعی شهر سنندج (ماخذ: سازمان هواشناسی شهرستان سنندج)

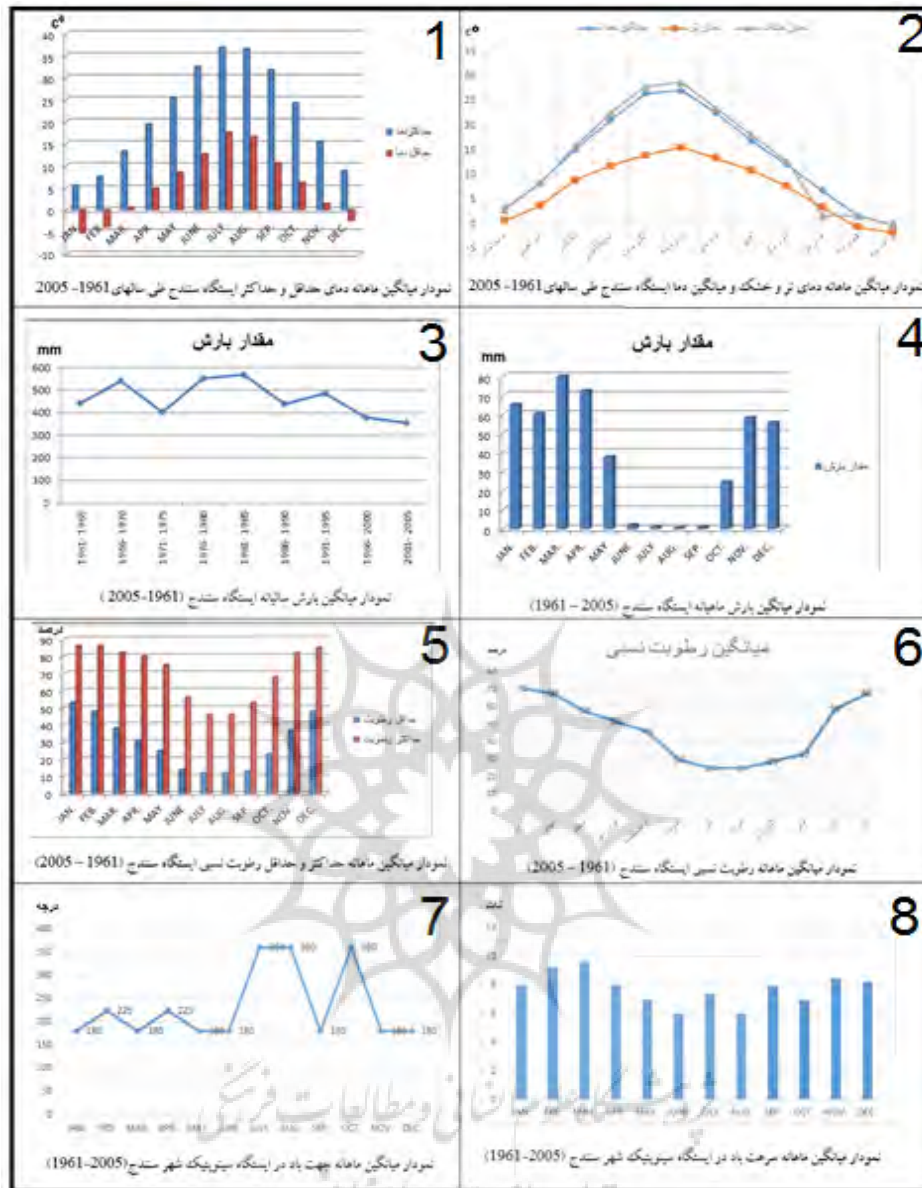
خصوصیات اقلیمی سنندج

آب‌وهوای سنندج بیش‌تر متأثر از ارتفاع و جهت کوه‌های زاگرس، همچنین توده هوای مرطوب مدیترانه‌ای است. جریان‌های آب‌وهوایی متأثر از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه که عامل عمده بارش در کشور است، در عبور از سنندج و برخورد با ارتفاعات زاگرس، بخش قابل توجهی از رطوبت خود را به شکل باران و برف از دست می‌دهد.

آب‌وهوای سنندج از نوع مدیترانه‌ای است که با توجه به نقش عوامل محلی به دو نوع الف) نواحی کوهستانی و دشتهای مرتفع بازمستان‌های بسیار سرد و تابستانهای معتدل، و ب) دره‌ها و نواحی پست با زمستانهای معتدل و تابستانهای گرم و خشک، تقسیم می‌شود. شهر سنندج با توجه به موقعیت جغرافیایی خود، جزء مناطق کوهستانی با خصوصیات اقلیمی تابستانهای معتدل و زمستانهای سرد بشمار می‌آید این شهر جزء مناطق کوهستانی غرب و جنوب غربی زاگرس می‌باشد. نوع اقلیم شهر سنندج در طبقه بندی به روش کوپن معتدل و مرطوب (C) است. اقلیم معتدل و مرطوب (C) نیز به چند نوع اقلیم تقسیم می‌شود که یکی از آنها اقلیم مدیترانه‌ای (Csa) است. اقلیم شهر سنندج نیز جزء اقلیم مدیترانه (Csa) است. از خصوصیات این اقلیم تمرکز بارندگی در دوره سرد سال و تابستان‌های کاملاً خشک در برخی از نواحی آن است در تابستان‌ها به محض بالا آمدن آفتاب، زمین داغ می‌شود و در نیمروز درجه حرارت به حداکثر خود می‌رسد، بطوری‌که در بعضی از روزها از ۴۰ درجه سانتی‌گراد نیز می‌گذرد و مساله جالب اینکه حرارت ممکن است قبل از ساعت یک بعدازظهر به حداکثر خود رسیده باشد، شفافیت هوا و کمی رطوبت نسبی سبب این امر می‌شود. میزان آلودگی (بازتاب) بعلت خشکی هوا و سایر شرایط فیزیکی فوق‌العاده زیاد است. بدین ترتیب تضاد شرایط اقلیمی با توجه به دو عنصر اقلیمی یعنی میزان و رژیم بارندگی و دما از زمستان به تابستان حوضه‌های نفوذی این اقلیم را مشخص می‌کند. در این نوع اقلیم رژیم بارندگی بیش از بارندگی دارای اهمیت بوده و معرف این نوع اقلیم زمستان‌های بارانی و مرطوب و تابستانهای خشک است (فرهنگ جغرافیایی شهرستان‌های کشور، شهرسنندج، ۱۳۸۰: ۵۱). در شکل ۳ نمودارهای رژیم دمای تر و خشک و میانگین دما، رژیم و مقدار بارش، رژیم رطوبت نسبی دما و رژیم باد را در سنندج مشاهده می‌کنیم که به دلیل طولانی‌شدن بحث تحقیق به صورت خلاصه به آن می‌پردازیم. میانگین حداکثر دمای سالانه ۲/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای حداقل سالانه ۵/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در بین میانگین حداکثر و حداقل سالانه، دی ماه با میانگین حداقل ۵/۳- درجه سانتی‌گراد سردترین و تیر ماه با حداکثر ۳۶/۸ گرمترین ماه سال طی سال‌های (۲۰۰۵-۱۹۶۱) می‌باشند. طی سال‌های ۱۹۶۱ - ۲۰۰۵ گرم‌ترین ماه، که در تیر ماه بود با ۳۹/۸ درجه سانتی‌گراد و سردترین

ماه که در دی ماه بود با ۱۲.۴- درجه سانتی گراد مشاهده گردیده است. بدین ترتیب اختلاف درجه حرارت در این شهر تا ۵۲/۲ درجه سانتی گراد نوسان دارد و این امر نشانگر افت و خیز شدید درجه حرارت در این شهر می باشد (شکل ۳: ۱). میانگین دمای سالانه این شهر با توجه آمار ایستگاه سینوپتیک شهر سنندج طی سالهای (۲۰۰۵-۱۹۶۱)، ۱۳/۴ درجه سانتی گراد، و میانگین دمای تر و خشک ماهانه در دوره آماری مورد مطالعه بترتیب برابر (۱۳/۶۱ و ۱۴/۲)، می باشد (شکل ۳: ۲). میانگین حداکثر بارش ماههای سال به ترتیب ماههای اسفند با ۷۹/۹ و ماه فروردین با ۷۲/۴ میلی متر و کمترین میزان بارندگی در ماههای مرداد و شهریور به ترتیب با ۰/۵ و ۰/۸ میلیمتر می باشد. البته بطور کلی فصل زمستان بامیانگین ۶۸/۴۶ میلی متر بیشترین میزان بارندگی را دارا می باشد و تابستان با میانگین ۰/۷۶ میلی متر بارش کمترین میزان بارندگی شهرستان سنندج را به خود اختصاص داده است (شکل ۳: ۳ و ۴). میزان بارندگی نه تنها در فصول مختلف بلکه طی سالهای متمادی نیز از افت و خیز خوبی شدیدی برخوردار است، نمودار بارش سالیانه و ماهیانه ایستگاه سنندج، این افت و خیز را به خوبی نشان می دهد (شکل ۳: ۳ و ۴). میانگین سالانه رطوبت نسبی در شهرستان سنندج در این دوره آماری (۲۰۰۵ - ۱۹۶۱) برابر با ۴۷ درصد است. بر طبق (شکل ۳: ۵ و ۶) بیشترین میزان رطوبت نسبی در دی ماه و برابر با ۷۱ درصد و کمترین رطوبت نسبی در ماههای تیر و مرداد هر دو به میزان ۲۵ درصد می باشد. با مشاهده (شکل های ۳: ۷ و ۸) مشخص گردید که غالب ترین جهت جهت جنوب است، که در بیش از ۶ ماه از سال در حدود ۱۸۰ درجه می باشد و بیشترین سرعت نیز در ماه مارس دیده می شود، که حدود ۱۰ نات است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 رتال جامع علوم انسانی



شکل ۳. نمودارهای یافت شده در ایستگاه سینوپتیک شهر سنج (۲۰۰۵-۱۹۶۱) (ماخذ: سازمان هواشناسی شهر سنج)

یافته‌های تحقیق

بررسی میزان آسایش در شهر سنندج

الف. روش ماهونی

طبق تعریف ماهانی، منطقه آسایش از جدول ۲ مشخص شد (جدول ۲). حال با توجه به جدول ۳ میزان آسایش حرارتی در شهر سنندج به شرح ذیل ارائه می‌گردد (جدول ۳).

جدول ۲. تعیین منطقه آسایش از روی دما و رطوبت نسبی طبق معیار ماهونی

گروه رطوبتی	میانگین رطوبت نسبی %	میانگین دمای سالیانه					
		کمتر از 20 درجه سانتی گراد		بین 15 تا 20 درجه سانتی گراد		بیشتر از 15 درجه سانتی گراد	
		روز	شب	روز	شب	روز	شب
1	30-0	26-24	25-17	32-23	23-14	30-21	21-12
2	50-30	31-25	24-17	30-22	22-14	27-20	20-12
3	70-50	29-23	23-17	28-21	21-14	26-19	19-12
4	100-70	27-22	21-17	25-20	20-14	24-18	18-12

(ماخذ: طاوسی و عبدالهی، ۱۳۸۹: ۱۳۷)

جدول ۳. جدول ارزیابی ماهونی انجام شده برای ایستگاه سنندج

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جامع علوم انسانی

مرداد	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	مقدار به ماهی برآورد
۱۵۳	۲۲۳	۲۲۳	۳۱۷	۳۹۲	۳۶۸	۳۶۸	۲۲۳	۲۵۳	۱۹۳	۱۳۳	۷۵	۵۵
۲۲۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۳۱۷	۳۹۲	۳۹۲	۳۱۷	۳۱۷	۳۱۷	۳۱۷	۳۱۷	۳۱۷	۳۱۷	۳۱۷	۳۱۷	۳۱۷
۳۶۸	۳۶۸	۳۶۸	۳۶۸	۳۶۸	۳۶۸	۳۶۸	۳۶۸	۳۶۸	۳۶۸	۳۶۸	۳۶۸	۳۶۸
۲۲۳	۲۲۳	۲۲۳	۲۲۳	۲۲۳	۲۲۳	۲۲۳	۲۲۳	۲۲۳	۲۲۳	۲۲۳	۲۲۳	۲۲۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵
۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳
۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳	۱۳۳

(ماخذ: سازمان هواشناسی شهر سنندج)

پروژه ماهه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

نتیجه گیری نهایی با استفاده از معیار ماهانی

در معیار ماهانی تمام ماههای سال در طول شب و روز به سه منطقه گرم، سرد و آسایش حرارتی تقسیم گردیده است. برای بررسی نتیجه گیری نهایی، نتایج بدست آمده از میزان آسایش حرارتی در شهر سنندج در جدول ۴ ارائه گردیده است. در مجموع ۷۳۰ شب و روز، در شهر سنندج ۹۲ روز و ۹۳ شب از سال طی ماههای (فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر)، دارای آسایش حرارتی می باشند و در ۱۲۴ روز از سال در ماههای خرداد تا شهریور شرایط گرم در روز برقرار است اما در شب، شرایط حرارتی گرم وجود ندارد و در پنج ماه آخر سال یعنی آبان تا اسفند یا به عبارتی ۱۴۹ روز از سال شرایط

حرارتی سرد برقرار است و در شب از ماه شهریور تا اردیبهشت یعنی ۲۷۲ روز از سال شرایط سرد برقرار است.

جدول ۴. آسایش شب و روز در طول ماه‌های سال در شهر سنندج بر اساس معیار ماهانی

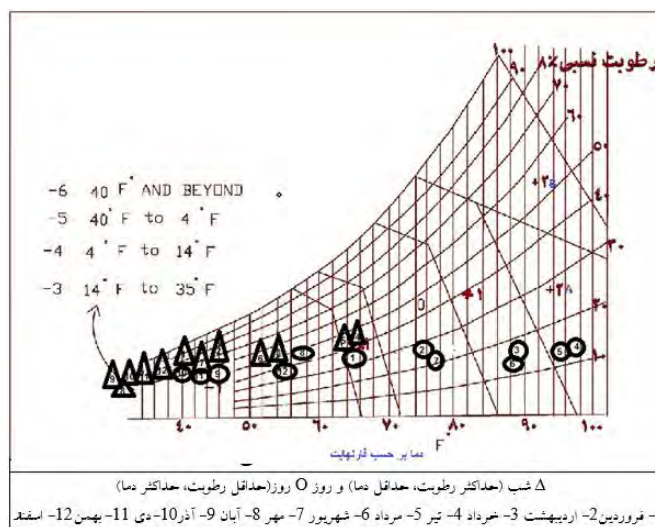
شب		روز			شهر سنندج	
آسایش	گرم	سرد	آسایش	گرم	سرد	درجه آسایش ماهها
		*	*			فروردین
		*	*			اردیبهشت
*				*		خرداد
*				*		تیر
*				*		مرداد
		*		*		شهریور
		*	*			مهر
		*			*	آبان
		*			*	آذر
		*			*	دی
		*			*	بهمن
		*			*	اسفند
3	0	9	3	4	5	تعداد ماههای سال

(مانند: محاسبات نگارندگان)

روش ترجونگ

در شکل ۴ محور افقی معرف دما بر حسب فارنهایت و خطوط منحنی معرف رطوبت نسبی بر حسب درصد است (شکل ۴)، محل برخورد این دو پارامتر اقلیمی نمایش دهنده شرایط حرارتی مختلفی است که با نمادهایی بر روی جدول ۵ نمایش داده شده است (جدول ۵).
 پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

نتایج حاصل از کاربرد شاخص ترجونگ در ارزیابی شرایط زیست اقلیمی سنندج بدین صورت می-باشد. بر اساس شکل ۴-۱ در منطقه مطالعاتی پنج ماه از سال یعنی ماه های خرداد- تیر- مرداد و شهریور در محدوده ۰ قرار می گیرند که شرایط مطلوب است. این شاخص در منطقه مطالعاتی در ماه های مهر- آبان- آذر- دی- بهمن- اسفند- فروردین و اردیبهشت در محدوده ۲- و ۳- قرار دارد که معرف هوای بسیار خنک و سرد قرار دارد.



شکل ۴. نمودار ضریب حرارتی ترجونگ ایستگاه سنندج (۲۰۰۵-۱۹۶۱) (ماخذ: سازمان هواشناسی شهر سنندج)

جدول ۵. مفاهیم نمادها و علائم شاخص آسایش حرارتی در روش ترجونگ

گروه	احساس غالب	سبیل
UC	ماورائ سرد	-6
EC	فوق العاده سرد	-5
VC	بسیار سرد	-4
CD	سرد	-3
K	بسیار خنک	-2
C	خنک	-1
M	معتدع	0
W	گرم	+1
H	داغ	+2a
S	بسیار داغ	+2b
EH	فوق العاده داغ	+3

(ماخذ: حسین آبادی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۱۰)

نتیجه گیری نهایی با استفاده از معیار ترجونگ

در معیار ترجونگ تمام ماه‌های سال در طول شب و روز به سه منطقه گرم، سرد و آسایش تقسیم گردیده است. برای بررسی نتیجه گیری نهایی، نتایج بدست آمده از میزان آسایش در شهر سنندج در جدول ۷ ارائه گردیده است. براساس جدول ۷ در مجموع ۷۳۰ شب و روز، در شهر سنندج در شهر سنندج ۶۱ روز آسایش حرارتی طی ماه‌های اردیبهشت و مهر و در شب آسایش حرارتی وجود ندارد. طی ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور یعنی ۱۲۴ روز

شرایط حرارتی گرم برقرار است و در شب شرایط حرارتی گرم وجود ندارد. طی ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین یعنی ۱۸۰ روز شرایط حرارتی سرد وجود دارد و در شب هر ۱۲ ماه سال بر طبق این معیار شرایط حرارتی سرد برقرار است (جدول ۷).

جدول ۷. آسایش شب و روز در طول ماههای سال در شهرسندج بر اساس معیار ترجونگ

شب			روز			شهر سندج
آسایش	گرم	سرد	آسایش	گرم	سرد	درجه آسایش ماهها
		*			*	فروردین
		*	*			اردیبهشت
		*		*		خرداد
		*		*		تیر
		*		*		مرداد
		*		*		شهریور
		*	*			مهر
		*			*	آبان
		*			*	آذر
		*			*	دی
		*			*	بهمن
		*			*	اسفند
0	0	12	2	4	6	تعداد ماههای سال

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

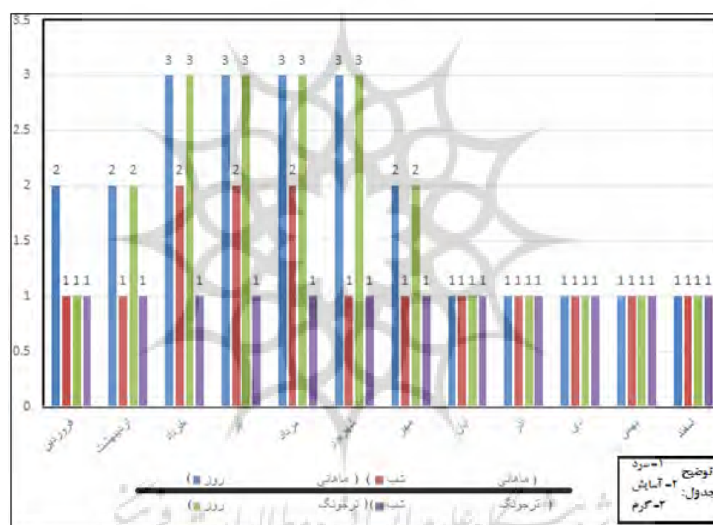
نتایج شاخص های آسایش حرارتی

بر اساس جدول ۸ و شکل ۵ با مقایسه دو شاخص زیست اقلیمی، مشخص می‌شود که در شاخص ماهانی: ۱- شرایط روز از ۱۲ ماه (۴ ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور گرم، ۳ ماه فروردین، اردیبهشت و مهر آسایش و ۵ ماه آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند سرد)، است. ۲- شرایط شب از ۱۲ ماه (۳ ماه خرداد، تیر و مرداد آسایش و ۹ ماه شهریور، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت سرد)، است. در شاخص ترجونگ: ۱- شرایط روز از ۱۲ ماه (۵ ماه گرم، ۲ ماه آسایش و ۵ ماه سرد)، است. ۲- شرایط شب در ۱۲ ماه (۱۲ ماه سرد) است (جدول ۸ و شکل ۵). در شاخص ترجونگ: ۱- شرایط روز از ۱۲ ماه (۴ ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور گرم، ۲ ماه اردیبهشت و مهر آسایش و ۵ ماه آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین سرد)، است. ۲- شرایط شب در ۱۲ ماه (۱۲ ماه سرد)، است (جدول ۸ و شکل ۵).

جدول ۸. نتایج شاخص‌های زیست اقلیمی ایستگاه سنندج (۱۹۶۱-۲۰۰۵)

شاخص	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
ماهانی	روز	آسایش	آسایش	گرم	گرم	گرم	آسایش	سرد	سرد	سرد	سرد	سرد
	شب	سرد	سرد	آسایش	آسایش	سرد	سرد	سرد	سرد	سرد	سرد	سرد
ترجونیگ	روز	آسایش	آسایش	گرم	گرم	گرم	آسایش	سرد	سرد	سرد	سرد	سرد
	شب	سرد	سرد	آسایش	آسایش	سرد	سرد	سرد	سرد	سرد	سرد	سرد

(ماخذ: سازمان هواشناسی شهر سنندج)



شکل ۵. نتایج شاخص‌های زیست اقلیم ایستگاه سنندج (۱۹۶۱-۲۰۰۵) (ماخذ: محاسبات نگارندگان)

طراحی اقلیمی مدارس در شهر سنندج

در این بخش از پژوهش از نتایج شاخص‌های زیست اقلیمی استفاده می‌کنیم و بر اساس آنها با الگوهای (جهت ساختمان مدرسه با تابش آفتاب و باد، اندازه بازشوها و پنجره‌ها، بررسی عمق سایبان و بررسی میزان فضای سبز) میزان سازگاری مدارس سنندج را با معماری اقلیمی بررسی می‌کنیم. در واقع هدف از آمدن این بحث در این پژوهش بدین خاطر است که با کمک از نتایج بحث آسایش حرارتی که توسط شاخص‌های ماهانی و ترجونیگ گرفته شد، بتوانیم میزان سازگاری مدارس در شهر سنندج را با معماری اقلیمی بررسی کنیم، از طرفی دیگر نیز

چون بحث ما بحث معماری اقلیمی مدارس است، بنابراین این دو قسمت یعنی (آسایش حرارتی و طراحی اقلیمی مدارس)، به هم وابسته می‌شوند یا بعبارتی مکمل همدیگر خواهند بود، چون ما می‌خواهیم از طریق آسایش حرارتی که توسط شاخص‌های ماهانی و ترجونگ بدست آورده‌ایم، مدارس سنندج را با بحث‌هایی نظیر (جهت ساختمان مدرسه با تابش آفتاب و باد، اندازه بازشوها و پنجره‌ها، بررسی عمق سایبان و بررسی میزان فضای سبز)، از لحاظ معماری اقلیمی بررسی کنیم.

مهم‌ترین اهداف طراحی اقلیمی ساختمان‌های آموزشی عبارتند از: الف - بالا بردن کیفیت شرایط آسایش که باعث ارتقای سطح آموزش می‌شود؛ ب - کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی که پیامد آن جلوگیری از گسترش آلودگی - های زیست محیطی است؛ ج - تقویت فرهنگ صرفه‌جویی و بیان راه‌های جلوگیری از اتلاف انرژی در میان دانش - آموزان. بدین منظور در این قسمت اصول اقلیمی ساخت مدارس در شهر سنندج ارائه خواهد شد.

۱. جهت استقرار ساختمان با توجه به دریافت انرژی خورشید

برای این بحث ابتدا میزان انرژی تابیده شده خورشید را در هشت جهات اصلی و فرعی جغرافیایی بدست آوردیم سپس با معرفی مدارس مورد مطالعه، آنها را بررسی نمودیم و در آخر با شاخص‌های آسایش حرارتی مورد تطبیق قرار دادیم. با توجه به نمودار مسیر حرکت خورشید و استفاده از نقاله خورشیدی (کسمایی، ۱۳۸۲: ۱۱)، میزان کسب انرژی لازم در مواقع گرم و سرد سال در شهر سنندج برآورد شده است (جدول ۹).

جدول ۹: انرژی تابیده شده خورشید (Btu/ft²/day)

جهت	تابستان	زمستان
شمال	576	140
شمال شرقی	2328	792
شرق	4440	3360
جنوب شرقی	2376	3264
جنوب	1113	3912
جنوب غربی	792	3144
غرب	3915	3336
شمال غربی	855	75

(ماخذ: کسمایی، ۱۳۸۲: ۷۸)

البته از آنجا که دمای هوای محیط در ساعات قبل از ظهر کمتر از ساعات بعدازظهر می‌باشد و در نتیجه نیاز به گرمای آفتاب در زمستان در ساعات صبح بیشتر است؛ بنابراین، می‌توان با تمهید باز شوهای رو به جنوب شرق (حداکثر ۲۵ درجه چرخش)، از گرمای خورشید استفاده بهتری کرد. البته باید به این نکته توجه داشت که نور مستقیم خورشید در فضاهای آموزشی موجب خیرگی چشم شده و مشکلاتی را برای آموزش به وجود می‌آورد. برای کنترل این امر، باید از راهکارهایی مانند: دیوار ترومب، پانل ترموسیفون، یا شبکه‌هایی چون پرده کرکره استفاده نمود تا ضمن برخورداری از گرمای آفتاب، نور خورشید را منحرف کرده و فضای آموزشی را به صورت غیر مستقیم روشن نماید. (نوری و قاسم زاده، ۱۳۹۵: ۷۵) با مطالعه جدول ۹ و مقایسه شکل ۶ برای تعیین مناسب‌ترین جهت برای استقرار ساختمان مدرسه بر اساس مولفه تابش خورشیدی در شهر سنندج ابتدا مواقع مختلف سال از نظر کسب انرژی خورشیدی مشخص شد، سپس میزان انرژی دریافتی در جهت عمود بر دیوارهای ساختمان برای فصل گرم و سرد سال اندازه‌گیری و محاسبه شد (جدول ۹). در مرحله بعد با ترسیم نمودار مربوط به آن مشخص گردید که استفاده از حداکثر انرژی خورشیدی در فصل سرد و حداقل آن در فصل گرم مورد نیاز است (شکل ۶)، به همین دلیل و برحسب میزان انرژی دریافتی از خورشید به این نتیجه می‌رسیم که بهترین جهت برای استقرار جبهه اصلی ساختمان مدارس در سنندج، جهت جنوب است. بنابراین مشخص گردید که بر طبق شاخص‌های زیست اقلیمی که از ماه آبان تا اسفند شرایط سرد است و در این ماه‌ها مدارس فعال هستند، بنابراین؛ باید از حداکثر انرژی خورشید استفاده کرد و در ماه‌های خرداد تا شهریور شرایط گرم برقرار است، بنابراین؛ در این زمان نیز باید از حداقل انرژی خورشید بهره گرفت. در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و مهر نیز شرایط آسایش برقرار است. بنابراین با مشاهده جدول ۹ و شکل ۶ مشاهده می‌گردد که جهت جنوب ساختمان بیشترین انرژی در زمستان و کمترین انرژی را در تابستان دریافت می‌کند. بنابراین بهترین جهت را جهت جنوب می‌دانیم. از سوی دیگر با مطالعه (جدول ۱۰)، مدارس مورد مطالعه مشاهده گردید که حدود ۵۰٪ مدارس مورد مطالعه با این شرط سازگاری دارند و بقیه مدارس نیز در جهات دیگر بنا شده‌اند.



شکل ۶. انرژی تابیده شده بر سطوح قائم - ایستگاه سینوپتیک سنندج بر حسب $Btu/ft^2/day$ (ماخذ: سازمان هواشناسی شهر

سنندج)

جدول ۱۰. مدارس مورد مطالعه و جهت نمای آنها

جهت قرار گیری	نام آموزشگاه
جنوب غربی	دبیرستان نامدار مرادی
جنوب شرقی	دبیرستان بهشتی
جنوبی	هنرستان نمکی
جنوبی	دبیرستان عصمت
جنوب غربی	دبستان معلم ۱
جنوب غربی	دبستان راه تربیت ۲
جنوبی	راهنمایی ابوعلی سینا
جنوبی	دبیرستان شهدای بانک ملی
جنوب غربی	راهنمایی غیبی سور
جنوبی	راهنمایی هدایت
جنوبی	دبیرستان امام خمینی
جنوب شرقی	شاهد پسران
جنوب شرقی	شهید تعریف
جنوب شرقی	دبیرستان فرزادگان
جنوب شرقی	نمونه امام شافعی
جنوبی	دبیرستان ابو یحیی
جنوبی	مهرورزان
جنوب غربی	بهریت
جنوبی	راه دانش
جنوب غربی	دخترانه ننه

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

۲. جهت استقرار ساختمان با توجه به وزش باد

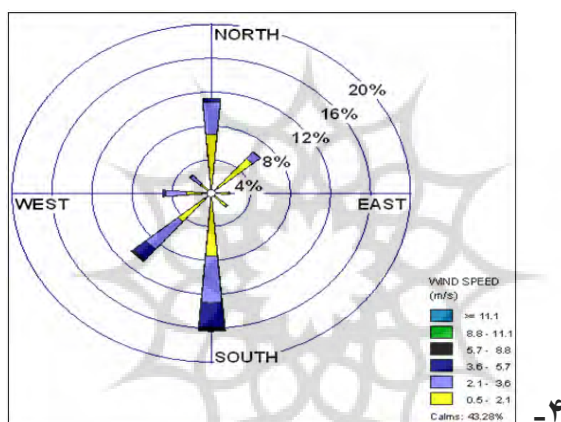
در ایستگاه سینوپتیک سنندج سرعت باد در هشت جهت، تعداد هوای آرام، توزیع سرعت باد و سمت و سرعت و روز و ساعت سریعترین باد ثبت شده است. که ما با کمک این داده‌ها، سرعت را در سه رده (۱ تا ۳، ۴ تا ۷ و بیشتر از ۷)، و جهت باد را در (هشت جهت) و در دوره آماری مشخص شده، برداشت کردیم و پس از میانگین‌گیری و جمع‌کردن تعداد داده‌ها، فراوانی سرعت و جهت را مشخص نمودیم. در ادامه، با مطالعه جدول (جدول ۱۱) متوجه

می‌شویم که باد غالب باد جنوب است که در سرعت های مختلف ۲۳۹۴ مورد فراوانی بادها را به خود اختصاص داده است. باد نایب غالب نیز باد شمال با ۱۶۶۶ مورد فراوانی و البته باد جنوب غرب نیز با ۱۴۶۶ مورد فراوانی بادهای نایب غالب حساب می‌شوند. باد شمال شرق با ۱۰۰۲ مورد فراوانی و باد غرب با ۸۱۱ مورد فراوانی از بادهای متوسط این ایستگاه می‌باشند. و ضعیف‌ترین جهت به لحاظ وزش بادها، شرقی و جنوب شرق و شمال غربی می‌باشد که به ترتیب ۳۵۵، ۳۹۲ و ۶۴۰ فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۷) شکل گلباد سنندج را در طی سال‌های ۱۹۶۱ - ۲۰۰۵ نشان می‌دهد، که به راحتی می‌توان تشخیص داد که بیشتر بادهای سنندج یا به عبارتی باد غالب سنندج باد جنوبی است و سرعت غالب باد سنندج نیز بین ۴ تا ۷ می‌باشد. برای استقرار بهترین جهت ساختمان با توجه به مولفه باد، که باد غالب از سمت جنوب است و سرعت آن نیز بین ۴ تا ۷ می‌باشد، بهترین جهت استقرار ساختمان نیز همین جهت می‌باشد، گر چه با این مولفه علاوه بر مزایا، معیایبی نیز دارد: از جمله از یک سو می‌توان از این باد برای ماه‌های (خرداد تا شهریور) که طبق شاخص‌های زیست اقلیم، شرایط گرم برقرار است، برای خنک شدن و تهویه اطاق‌ها و سالن از باد استفاده لازم را برد اما از سوی دیگر چون از (آبان تا اسفند)، طبق شاخص‌های زیست اقلیم، هوا سرد است، بنابراین؛ باید برای جلوگیری از این امر با احداث بادشکن، باد خور، بادگیر و حیاط‌هایی در ضلع جنوبی ساختمان از شدت برخورد باد با ساختمان مدرسه، کاسته شود یا بطور کلی سمت وزش باد منحرف شود. در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و مهر نیز طبق نتایج شاخص‌های آسایش حرارتی، شرایط آسایش برقرار است. بنابراین با مشاهده وضع موجود در جدول (۱۰)، یعنی مطالعه مدارس مشخص شده مشاهده گردید که حدود ۵۰٪ این مدارس، رو به سمت جنوب دارند و بقیه مدارس نیز نمای‌شان در جهت‌های دیگر می‌باشد.

جدول ۱۱. میانگین ماهانه فراوانی سرعت و جهت باد ایستگاه سنندج طی سالهای ۱۹۶۱ - ۲۰۰۵

جهت	سرعت	سرعت بین 1 تا 3		سرعت بین 4 تا 7		سرعت بیشتر از 7	
	باد آرام	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد
باد شمالی	2251	90	5/8	1120	64/5	456	29/7
باد شمال شرقی		259	26/9	667	65/3	76	7/8
باد شرقی		124	34/6	169	47/7	62	17/7
باد جنوب شرقی		128	32/5	232	60/9	32	6/6
باد جنوبی		103	4/1	1991	84/5	300	11/4
باد جنوب غربی		176	14/5	995	65/4	292	20/1
باد غربی		70	6/8	675	84/5	66	8/7
باد شمال غربی		165	23/9	374	59/9	101	16/2

(ماخذ: سازمان هواشناسی شهر سنندج)



شکل ۷. نمودار گلباد شهر سنندج بر اساس داده های ۱۹۶۱ - ۲۰۰۵ (ماخذ: سازمان هواشناسی شهر سنندج)

۳. بازشوها و پنجره‌ها

بر اساس مطالعات صورت گرفته در مدارس شهر سنندج، جهت و ارتفاع بازشوها با استانداردهای اقلیمی خیلی هماهنگ نیست، یا به عبارت دیگر ارتفاع بازشوها مقداری زیاد است. اندازه بازشوهای مدارس بزرگتر از حد استاندارد است، که این باعث اتلاف انرژی (گرما در زمستان و سرما در مواقع گرم سال تحصیلی) می‌شود. بر طبق شاخص‌های زیست اقلیم و با توجه به اینکه در سال هم از آبان تا اسفند، سرد و هم از خرداد تا شهریور شرایط گرم وجود دارد، بنابراین باید بازشوها و پنجره‌ها اندازه‌ای مطابق استاندارد داشته باشند، تا هم در مواقع گرم بتوانند در تهویه و خنک کردن کلاس مفید باشند و هم در مواقع سرد نیز مانع از ورود سرما به داخل کلاس بشوند. در ماههای فروردین، اردیبهشت و مهر نیز شرایط آسایش برقرار است. بنابراین با مطالعه مدارس مشخص شده و با

مطالعه جدول (۱۲) به این نتیجه می‌رسیم که اندازه پنجره‌ها و باز شوها در غالب این مدارس بیشتر از حد استاندارد است و علاوه بر این بسیاری از مدارس از پنجره‌های معمولی استفاده می‌کنند که این خود نیز باعث هدر رفتن انرژی و سرد شدن فضای کلاس می‌شود، که مصداق این امر را تیزدر شکل ۸ می‌بینیم (شکل ۸).



شکل ۸. نمایی از پنجره‌های بزرگ و معمولی یک مدرسه در سطح شهرستان سنندج (ماخذ: نگارندگان)

جدول ۱۲. معماری باز شوها و پنجره‌ها در مدارس مورد مطالعه

نام آموزشگاه	ارتفاع باز شوها از کف به سانتی‌متر	تعداد پنجره هر کلاس	مساحت کلاس به متر مربع	مساحت پنجره به متر مربع
دبیرستان نامدار مرادی	100	2	35	4.5
دبیرستان بهشتی	105	2	35	4.5
هنرستان نمکی	95	2	35	4.2
دبیرستان صصت	98	2	35	4
دبستان معلم 1	98	2	35	3.8
دبستان راه تربیت 2	110	2	30	3.8
راهنمایی ابوعلی سینا	110	2	30	4
دبیرستان شهدای بانک ملی	105	2	30	4.8
راهنمایی غیبی سور	100	2	30	4.8
راهنمایی هدایت	95	2	35	5
دبیرستان امام خمینی	95	2	35	5
شاهد پسران	100	2	35	5
شهید تعریف	105	2	30	5.2
دبیرستان فرزندان	98	2	30	5.2
نمونه امام شافعی	98	2	30	4.8
دبیرستان لوریحان	95	2	30	3.2
مهورزان	95	2	30	3.6
بحیرت	95	2	35	3.6
راه دانش	90	2	35	4
دخترانه ننده	90	2	35	4

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

۴. محاسبه عمق سایبان

جدول ۱۳ رابطه‌ی بین ارتفاع پنجره و عمق سایبان را نشان می‌دهد. این جدول بیانگر اینست که، بطور مثال: اگر ارتفاع پنجره در دیوار جنوبی ۱ متر باشد، عمق سایبان باید حداقل ۱۶۰ سانتی‌متر باشد، تا از نفوذ آفتاب به داخل

کلاس جلوگیری کند. به همین ترتیب برای سایر جهات به فرض ارتفاع ۱ متر برای پنجره، عمق سایبان محاسبه گردیده است. لازم به ذکر است که با افزایش ارتفاع پنجره، عمق سایبان نیز افزایش می‌یابد که، برای بدست آوردن این نتایج از رابطه (۱) در شکل ۹ استفاده شده است (شکل ۹).

جدول ۱۳. میزان عمق سایبان در نماهای مدارس انتخابی در اول تیر ماه در ساعات مختلف در سنندج

ساعات مختلف روز	جهت	عمق سایبان بر حسب متر
8:30	(جنوب غرب)	$D=1 \cos(62+6.5)/\tan 19=1.1m$
10:30	(جنوب)	$D=1 \cos(88+4.5)/\tan 23=1.6m$
16:30	(جنوب شرق)	$D=1 \cos(58+51.5)/\tan 21=0.86m$

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

$$D = \frac{h \cos(Z + N)}{\tan \beta}$$

رابطه (۱) در این رابطه، D عمق سایبان بر حسب متر، h ارتفاع سایه‌ای که در اثر عمق سایبان بر روی شیشه ایجاد می‌شود بر حسب متر، β زاویه تابش، Z جهت تابش و N زاویه بین خط عمود بر پنجره و جنوب حقیقی است.

شکل ۹. رابطه ۱ (ماخذ: حویزروی، مرشدی، ۱۳۹۴: ۱۶۲)

همچنان که ملاحظه می‌شود میزان عمق سایبان در جهت جنوب شرق کمتر از جهات دیگر است و در جهت جنوب بیشتر از نقاط دیگر است. بنابراین با نتایج شاخص‌های زیست اقلیم، چون در ماه‌های (خرداد، تیر، مرداد و شهریور) هوا گرم است و جهت تابش آفتاب عمود است پس با کمترین عمق بیشترین سایه را ایجاد می‌کند و همچنین بر طبق شاخص‌های زیست اقلیم در ماه‌های (آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) چون هوا سرد است و تابش آفتاب مایل‌تر است، انرژی بیشتری را جذب می‌کند. در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و مهر نیز طبق نتایج شاخص‌های آسایش حرارتی، شرایط آسایش برقرار است. بر این اساس مشخص شد که برای استفاده کردن از نور خورشید در فصل سرد در جهت جنوب غرب باید عمق سایبان از ۱/۱ متر با زاویه عمومی ۶/۵ درجه کمتر، در جهت جنوب باید عمق سایبان از ۱/۶ متر با زاویه عمومی ۴۵ درجه کمتر و در جهت جنوب شرق باید عمق سایبان از ۰/۸۶ متر با زاویه عمومی ۵۱/۱ درجه کمتر باشد. از طرف دیگر به منظور سایه‌دار کردن فضاها داخل ساختمان در فصل گرم برای جهت جنوب غرب، سایه‌بانی به عمق ۱/۱ متر با زاویه عمومی ۶/۵ درجه، برای جهت جنوب، سایه بانی به عمق ۱/۶ متر با زاویه عمومی

۴۵ درجه، و برای جهت جنوب شرق سایه‌بانی به عمق $0/86$ متر با زاویه عمومی $51/1$ درجه برای پنجره-های ساختمان مورد نیاز می‌باشد. بنابراین در مدارس مورد مطالعه و بر طبق جدول ۱۴ برای اینکه از نور خورشید بیشترین استفاده گردد، حدود 90% از مدارس مورد مطالعه با این امر سازگار هستند، اما به منظور سایه‌دار کردن اطاق‌ها برعکس این قضیه حدود 90% مدارس مورد مطالعه با این امر ناسازگار هستند. در اینجا نمایی از یک سایه‌بان ثابت خارجی از یکی از مدارس سنندج در شکل ۱۰ دیده می‌شود که باعث ایجاد سایه روی پنجره‌ها شده است (شکل ۱۰) و همچنین همان‌طور که در جدول ۱۴ آمده است (جدول ۱۴)، بسیاری از این مدارس از پرده‌های معمولی و کرکره‌ای استفاده می‌کنند که شکل ۱۱ نمونه‌ای از آنها را مشخص می‌کند (شکل ۱۱).



شکل ۱۰. نمایی از سایه‌بان مدرسه شهرک پست (ماخذ: نگارندگان)



شکل ۱۱. نمایی از فضای داخل کلاس و استفاده از پرده‌های معمولی (ماخذ: نگارندگان)

جدول ۱۴. معماری سایه‌بان‌ها در مدارس مورد مطالعه

عمق سایبان به سانتی متر	نوع سایبان	نام آموزشگاه
-	ثابت خارجی	دبیرستان نامدار مرادی
27	ثابت خارجی	دبیرستان بهشتی
بالکن 90	1-ثابت خارجی 2-بالکن شیروانی	هنرستان نمکی
16	-ثابت خارجی 2-پرده معمولی	دبیرستان عصمت
29	پرده معمولی	دبستان معلم 1
29	ثابت خارجی	دبستان راه تربیت 2
16	پرده معمولی	راهنمای ابوعلی سینا
-	ثابت خارجی	دبیرستان شهدای بانک ملی
بالکن شیروانی 90	ثابت خارجی	راهنمای غیبی سور
16	ثابت خارجی	راهنمای هدایت
16	ثابت خارجی	دبیرستان امام خمینی
27	ثابت خارجی	شاهد پسران
27	پرده معمولی	شهید تعریف
27	پرده معمولی	دبیرستان فرزنانگان
27	ثابت خارجی	نمونه امام شافعی
16	ثابت خارجی	دبیرستان ابوریحان
16	ثابت خارجی	مهرورزان
29	ثابت خارجی	بصیرت
16	ثابت خارجی	راه دانش
29	ثابت خارجی	دخترانه نذله

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

۵. طراحی فضای سبز

در حال حاضر، سطح سرانه استاندارد فضای سبز (بی نام، ۱۳۸۷: ۶-۱۶)، برای مدارس ۰/۳ تا ۰/۵ متر مربع برای هر دانش آموز در نظر گرفته شده است. این میزان با توجه به هر دوره تحصیلی و تعداد دانش آموز فرق می کند. در جدول ۱۵ میزان فضای سبز با توجه به تعداد دانش آموز و دوره های مختلف مشخص شده است. بنابراین با توجه به بازدیدهای میدانی و شناسنامه مدارس شهر سنندج، مشخص می شود در بیش از ۸۰ درصد این مدارس با کمبود فضای سبز مواجه هستند (جدول ۱۵). بنابراین با استفاده از نتایج شاخص های زیست اقلیم می توان گفت چون فضای سبز بر گرما و سرما در داخل مدرسه تاثیرگذار است لذا، در ماه های خرداد تا شهریور چون هوا گرم است با وجود فضای سبز می توان در خنک نگه داشتن هوای اطراف بهترین استفاده را برد و از سوی دیگری چون فضای سبز نور خورشید را جذب می کند. بنابراین؛ بر طبق نتیجه شاخص های زیست اقلیم و سرد بودن هوا در ماه های آبان تا اسفند می توان برای گرم کردن محیط اطراف از فضای سبز استفاده نمود و علاوه بر این نیز از انعکاس نور خورشید که موجب

آزار برای چشم دانش‌آموزان می‌باشد، می‌توان با ایجاد فضای سبز از این امر جلوگیری نمود. در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و مهر نیز شرایط آسایش برقرار است. در مدارس مورد مطالعه حدود ۶۰ درصد این مدارس با کمبود فضای سبز مواجه هستند و حدود ۴۰ درصد نیز دارای فضای سبز هستند که شکل ۱۲ نمونه‌ای از آنها می‌باشد (شکل ۱۲).



عکس ۱۲. نمایی از فضای سبز در هنرستان نمکی (ماخذ: نگارندگان)

جدول ۱۵. سهم سرانه فضای سبز در مدارس مورد مطالعه (متر مربع)

نام آموزشگاه	تعداد دانش‌آموز	مساحت کل متر مربع	میزان فضای سبز متر مربع	استاندارد متر مربع	کمبود متر مربع	درصد کمبود
دبیرستان نامدار مرادی	180	2522	-	90	90	100%
دبیرستان بهشتی	250	5213	50	130	80	63%
هنرستان نمکی	560	10000	200	275	75	20%
دبیرستان عصمت	220	3000	100	110	10	10%
دبستان معلم 1	140	2600	60	52	کمبودی ندارد	
دبستان راه تربیت 2	120	2100	40	50	10	20%
راهنمایی ابوعلی سینا	170	3200	80	52	کمبودی ندارد	
دبیرستان زاگرس	210	4550	110	106	کمبودی ندارد	
راهنمایی حافظ	200	3155	40	58	18	32%
راهنمایی هدایت	200	2440	-	58	58	100%

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

نتایج شاخص‌های مورد استفاده برای طراحی اقلیمی مدارس

با یک دید کلی و مطالعه هر پنج الگو و نتایج آن‌ها، که در جدول ۱۶ آمده، به این نظر می‌رسیم که در سندج جهت ساختمان با زاویه خورشید، (جهتی که بیشترین انرژی خورشید را دریافت کند)، جهت جنوب است. جهت ساختمان با باد غالب نیز جهت جنوب می‌باشد. برای بازشوها و پنجره‌ها بر طبق استاندارد (کسمایی ۱۳۸۲: ۴۲) و (قاضی‌زاده، ۱۳۷۲: ۹۷) بیشتر از حد استاندارد است که این خود موجب از دست دادن انرژی نیز می‌شود. در بررسی

عمق سایبان به این نتیجه رسیدیم که به منظور سایه دار کردن فضاهای داخل ساختمان در فصل گرم برای جهت جنوب غرب، سایه بانی به عمق ۱/۱ متر با زاویه عمومی ۶/۵ درجه، برای جهت جنوب، سایه بانی به عمق ۱/۶ متر با زاویه عمومی ۴۵ درجه و برای جهت جنوب شرق سایه بانی به عمق ۰/۸۶ متر با زاویه عمومی ۵۱/۱ درجه برای پنجره‌های ساختمان مورد نیاز می‌باشد. در نهایت برای فضای سبز نیز با استاندارد (بی‌نام، ۱۳۸۷: ۶-۱۶) به این نتیجه رسیدیم که در مدارس با کمبود ۸۰٪ فضای سبز مواجه هستیم. براین اساس می‌توان گفت: وضعیت طراحی اقلیمی مدارس در سنندج برای سازگاری با معماری اقلیمی باید این شرایط را دارا باشد تا میزان سازگاری مناسبی با اقلیم معماری محل داشته باشد و همچنین در این راستا باعث کاهش مصرف انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

جدول ۱۶. نتایج طراحی معماری اقلیمی مدارس با الگوهای بررسی شده

نتایج	الگوما
بیشترین انرژی دریافتی - جهت جنوب، کمترین - شمال غرب	جهت ساختمان با زاویه خورشید
غالبترین جهت - جنوب، کمترین - جهت شرق	جهت ساختمان با باد
بزرگتر از حد استاندارد	بازشوها و پنجره‌ها
حد اکثر - ۱/۶ متر، حداقل ۰/۸۶ متر	میزان عمق سایبان
کمبود در ۸۰٪ مدارس	فضای سبز

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

نتایج ارتباط بین شاخص‌های آسایش حرارتی و الگوهای طراحی اقلیمی مدارس

پس از آنکه متوجه شدیم که از طرفی، با نتایج شاخص‌های آسایش حرارتی برای سنندج، شرایط روز از ۱۲ ماه (۴ ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور گرم، ۳ ماه فروردین، اردیبهشت و مهر آسایش و ۵ ماه آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند سرد)، است ۲- شرایط شب از ۱۲ ماه (۳ ماه خرداد، تیر و مرداد آسایش و ۹ ماه شهریور، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت سرد) است. از طرف دیگر در طراحی اقلیمی مدارس نیز، متوجه شدیم که جهت استقرار مدرسه با تابش و باد جهت جنوب است و بازشو و پنجره‌ها بیش از حد استاندارد هستند. برای دریافت انرژی خورشید عمق سایبان کمتر از ۰/۸۶ و برای عدم دریافت انرژی خورشید بیشتر از ۱/۶ متر باشد و فضای سبز نیز ۸۰٪ کمبود دارد (جدول ۱۷). بنابراین با تلفیق این دو بحث شاخص‌های آسایش حرارتی و الگوهای طراحی اقلیمی به این نتیجه می‌رسیم که چون

طبق نتایج شاخص‌های آسایش حرارتی در سال، بجز در سه ماه بقیه سال خارج از محدوده آسایش است و نیز بیشتر هوا به سوی سرد گرایش دارد، بنابراین برای الگوهای طراحی اقلیمی باید نکاتی رعایت شوند تا از شدت سرما در مدارس کاسته شود و همچنین باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست شود. این بدان معنی می‌باشد که باید جهت ساختمان جهتی باشد که بیشترین انرژی خورشید را دریافت کند و نیز جهت باد غالب نیز به نحوی کنترل گردد مثلاً با احداث حیاط و کاشتن درختان تا از سوز باد زمستان جلوگیری شود. برای اندازه بازشوها و پنجره‌ها باید بصورت استاندارد باشد تا از هدر رفتن انرژی جلوگیری شود و بیشتر پنجره‌ها در ضلع جنوبی باشد تا از انرژی خورشید بهره لازم برده شود. در زمینه عمق سایبان برای مقابله با سرما کمترین عمق در نظر گرفته شود تا از ورود نور خورشید به داخل کلاس‌ها و سالن‌ها جلوگیری نکند و برای فضای سبز نیز باید گفته شود که چون فضای سبز در زمینه جذب نور خورشید و تهویه طبیعی هوا کمک می‌کند، لذا؛ بسته به استاندارد موجود، فضای سبز در مدارس تعبیه گردد. در نهایت با مطالعه جداول (۱۷ و ۱۸)، که به نوعی مکمل هم هستند، به این نتیجه می‌رسیم که مدارس سنندج با معماری اقلیمی سازگاری ندارند.

جدول ۱۷. نتایج کلی شاخص‌های آسایش حرارتی و الگوهای طراحی اقلیمی

شاخص‌ها	نتایج
شاخص ماهانی	از مجموع ۲۴ ماه شب و روز، ۶ ماه آسایش
شاخص ترجونگ	از مجموع ۲۴ ماه شب و روز، ۲ ماه آسایش
جهت استقرار ساختمان مدرسه بانوجه به تابش آفتاب	بیشترین انرژی دریافتی - جهت جنوب، کمترین - شمال غرب
جهت استقرار ساختمان مدرسه با توجه به باد	غالبترین جهت - جنوب، کمترین - جهت شرق
اندازه بازشوها در مدرسه	بزرگتر از حد استاندارد
اندازه پنجره‌ها در مدرسه	بزرگتر از حد استاندارد
میزان عمق سایبان در مدرسه	حداکثر - ۱/۶ متر، حداقل ۰/۸۶ متر
بررسی فضای سبز در مدرسه	کمبود در ۸۰٪ مدارس

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

جدول ۱۸. نتایج مباحث آسایش حرارتی و طراحی اقلیمی معماری

شاخص‌ها	ارزیابی غیر قابل قبول	ارزیابی قابل قبول
شاخص ماهانی	x	
شاخص ترجونگ	x	
جهت استقرار ساختمان مدرسه با توجه به باد		*
جهت استقرار ساختمان مدرسه با توجه به تابش آفتاب		*
اندازه بازشوها در مدرسه	x	
اندازه پنجره‌ها در مدرسه	x	
میزان عمق سایبان در مدرسه		*
بررسی فضای سبز در مدرسه	x	

(ماخذ: محاسبات نگارندگان)

نتیجه گیری

طبق آنچه که ملاحظه شد در این تحقیق، ابتدا بیان اصولی برای طراحی ساختمان با توجه به شرایط اقلیمی مورد توجه قرار گرفت که، با رعایت معماری اقلیمی می توان اثر بسیار مفیدی بر ساختمان و مخصوصا مدارس گذاشت که پیامدهای بسیار مفیدی از جمله صرفه جویی در مصرف انرژی، به حداقل رساندن آلودگی، بالا بردن کیفیت سطح آموزش و آسایش دانش آموزان یا ب عبارتی دیگر آینده سازان کشور را در بر خواهد داشت. ابتدا منطقه مورد مطالعه از لحاظ وضعیت جغرافیای طبیعی بررسی شد و میزان بارش، دما، رطوبت، فشار، باد و ساعت آفتابی.... بررسی شد، بدین ترتیب اختلاف درجه حرارت در سنندج تا ۵۲/۲ درجه سانتی گراد نوسان دارد و این امر نشانگر افت وخیز شدید درجه حرارت در این شهر می باشد. برای بارش مشخص گردید که، بطور کلی فصل زمستان با میانگین ۶۸/۴۶ میلی متر بیشترین میزان بارندگی را دارا می باشد و تابستان با میانگین ۰/۷۶ میلی متر بارش کمترین میزان بارندگی شهرستان سنندج را به خود اختصاص داده است. برای رطوبت مشخص شد که، میانگین سالانه رطوبت نسبی در شهرستان سنندج در این دوره آماری (۲۰۰۵ - ۱۹۶۱) برابر با ۴۷ درصد است. برای فشار بخار مشخص شد که، میانگین فشار بخار ۶/۷۰ هکتو پاسکال می باشد. در زمینه رژیم باد می توان گفت که که غالب ترین جهت جهت جنوب است، که در بیش از ۶ ماه از سال در حدود ۱۸۰ درجه می باشد و بیشترین سرعت نیز در ماه مارس دیده می شود، که حدود ۱۰ نات است. در زمینه ساعت آفتابی نیز می توان گفت که بیشترین ساعت آفتابی مربوط به ماه مرداد با میانگین ۳۳۵/۶ ساعت و کمترین ساعت آفتابی مربوط به ماه ژانویه با ۱۳۳/۱ ساعت می باشد. سپس با استفاده از دو شاخص زیست اقلیمی نیازهای حرارتی ساختمان مشخص گردید. در ادامه همین قسمت باید گفت که، در شاخص ماهانی: ۱- شرایط روز از ۱۲ ماه (۴ ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور گرم، ۳ ماه فروردین، اردیبهشت و مهر آسایش و ۵ ماه آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند سرد)، است. ۲- شرایط شب از ۱۲ ماه (۳ ماه خرداد، تیر و مرداد آسایش و ۹ ماه شهریور، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت سرد)، است. در شاخص ترجونگ: ۱- شرایط روز از ۱۲ ماه (۵ ماه گرم، ۲ ماه آسایش و ۵ ماه سرد)، است. ۲- شرایط شب در ۱۲ ماه (۱۲ ماه سرد)، است. . با این تفاسیر از مجموع ۲ شاخص مشخص

گردید که معیار ماهانی و معیار تریجونگ بسیار نتایج نزدیک به هم و مشابهی برای آسایش حرارتی در شهر سنندج ارائه می دهند.

در مرحله بعد با الگوهای طراحی اقلیمی (مناسبتین جهت برای ساختمان، اندازه و نقش باز شو و پنجره‌ها، میزان عمق سایبان و بررسی فضای سبز)، به این نتایج رسیدیم. بمنظور استقرار ساختمان در جهت مناسب با توجه به دو مولفه تابش خورشید و باد، ابتدا جهت استقرار ساختمان را با تابش خورشید بررسی نمودیم، که طی آن با استفاده از زاویه و جهت تابش، میزان انرژی خورشید تابیده شده در فصل گرم و سرد سال در هشت جهت محاسبه شد. بر این اساس و با توجه به اینکه نیاز حرارتی ساختمان در شهر سنندج بگونه‌ای است که باید در مواقع سرد از حداکثر انرژی و در مواقع گرم از حداقل آن برخوردار گردد، جهت جنوب به عنوان بهترین جهت قرارگیری مدارس در سنندج انتخاب گردید. در ادامه جهت استقرار ساختمان را با باد بررسی نمودیم که جهت و سرعت باد غالب منطقه در هشت جهت بررسی شد و سپس گلباد مربوط آن رسم گردید که بر اساس آن سرعت غالب برابر ۴ تا ۷ و برای جهت باد غالب نیز جهت جنوب مشخص شد. همچنین؛ باید گفت که، جهت استقرار ساختمان در شهر سنندج باید به گونه‌ای باشد که اثر بادهای سرد زمستانی کاهش یابد و از بادهای تابستانی جهت تهویه طبیعی استفاده گردد. در مرحله بعد اندازه پنجره‌ها و بازشوها مورد بررسی قرار گرفت که اندازه پنجره‌ها بیشتر از حد استاندارد برآورد شد و و بازشوها نیز بزرگتر از حد استاندارد برآورد شدند. در مرحله بعد با استفاده از روش محاسباتی و روابط ریاضیاتی مربوطه، میزان عمق سایبان برای سه جهتی که مدارس مورد مطالعه قرار داشتند، محاسبه گردید. بر این اساس مشخص شد که برای استفاده کردن از نور خورشید در فصل سرد در جهت جنوب باید عمق سایبان از ۱/۱ متر با زاویه عمومی ۶/۵ درجه کمتر، در جهت جنوب باید عمق سایبان از ۱/۶ متر با زاویه عمومی ۴۵ درجه کمتر و در جهت جنوب شرق باید عمق سایبان از ۰/۸۶ متر با زاویه عمومی ۵۱/۱ درجه کمتر باشد. و از طرف دیگر بمنظور سایه‌دار کردن فضاهای داخل ساختمان در فصل گرم برای جهت جنوب غرب، سایه‌بانی به عمق ۱/۱ متر با زاویه عمومی ۶/۵ درجه، برای جهت جنوب، سایه‌بانی به عمق ۱/۶ متر با زاویه عمومی ۴۵ درجه، و برای جهت جنوب شرق سایه‌بانی به عمق ۰/۸۶ متر با زاویه عمومی ۵۱/۱ درجه برای پنجره‌های ساختمان مورد نیاز می‌باشد، البته در این زمینه می‌توان گفت چون شهر سنندج از لحاظ آسایش حرارتی بیشتر با سرما سر و کار دارد و این سرما نیز در ماههایی رخ می‌دهد که مدارس در آن زمان فعال هستند. بنابراین بهتر است که، از حداقل عمق سایبان سایبان استفاده شود. برای بررسی فضای سبز نیز به این نتیجه رسیدیم که با توجه به

بازدیدهای میدانی و شناسنامه مدارس شهر سنندج، مشخص می‌شود در بیش از ۸۰ درصد این مدارس با کمبود فضای سبز مواجه هستند.

ادامه پژوهش به پیشنهادهای در خصوص بحث طراحی سکونتگاه‌های شهر سنندج پرداخته شده است:

۱. انتخاب جبهه اصلی رو به جنوب برای استقرار ساختمان؛ ۲. پیش بینی فضاهای گرمازا مانند آشپزخانه یا آبدار خانه در مرکز پلان البته بیشتر برای مدارس و خوابگاه‌های شبانه‌روزی؛ ۳. استفاده از عایق‌های حرارتی متناسب در دیوارهای خارجی و بخصوص در بام ساختمان مدارس؛ ۴. پیش‌بینی پلان‌های فشرده با مجموعه متراکم و درونگرا؛ ۵. استفاده از بازشوهای متوسط و نصب آنها در دیوارهای شرقی و غربی؛ ۶. پیش‌بینی فضاهای کم اهمیت مانند: انبار به عنوان عایق‌های حرارتی در قسمتهای سرد ساختمان مدارس؛ ۷. پیش‌بینی محلی برای استراحت در فضای آزاد البته برای دبیرستان‌های شبانه روزی؛ ۸. طراحی سایبان‌های با عمق حداکثر ۱/۶ و حداقل ۰/۸۶؛ ۹. طراحی فضای سبز برای مدارس؛ ۱۰. استفاده از کولر آبی برای سرمایش و مرطوب کردن هوا؛ ۱۱. استفاده از انرژی خورشیدی برای کمک به گرمایش ساختمان؛ ۱۲. رعایت مقیاس کودکان در کلیه فضاهای آموزشی ابتدایی؛ ۱۳. ایجاد تنوع در فضاهای آموزشی؛ ۱۴. در سنندج و مناطق سردسیر مشابه بهتر است فضاهای اصلی در وسط باشد؛ ۱۵. ساختمان مدرسه بهتر است گسترش افقی داشته باشد تا بیشتر در معرض تابش خورشید باشد؛ ۱۶. برای جلوگیری از بادهای ناملازم با احداث حیاط با دیوار بلند و کاشتن درختان و ایجاد بادشکن این امر صورت گیرد؛ ۱۷. استفاده از درب‌های کرکره ای در مقابل پنجره‌های دو جداره که از اتلاف انرژی جلوگیری کند.

منابع و مأخذ

- بی‌نام. (۱۳۸۷). یافته‌های کاربردی پژوهش‌های علمی و فنی در زمینه فضاهای آموزشی و پرورشی، سازمان نوسازی توسعه و تجهیز مدارس کشور. معاونت فنی و نظارت، دفتر تحقیقات و پژوهش، تهیه و تدوین جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه تهران. تهران.
- حسین‌آبادی، سعید، لشکری، حسن، سلمانی‌مقدم، محمد. (۱۳۹۱)، طراحی اقلیمی ساختمان‌های مسکونی شهر سبزوار با تاکید بر جهت‌گیری ساختمان و عمق سایبان، مجله جغرافیا و توسعه، ش ۲۷: صص ۱۰۳-۱۱۶.
- حویزروی، حسن، مرشدی، جعفر. (۱۳۹۴). محاسبه‌ی عمق سایبان ساختمان‌های مسکونی شهر اواز و نقش آن در راستای تحقق اصل طراحی اقلیمی، سومین همایش ملی توسعه پایدار در علوم و جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی، تهران: ۶ اسفند.
- سازمان هواشناسی شهر سنندج. (بی‌تا). سالنامه‌های هواشناسی. سنندج. ۱۹۶۱-۲۰۰۵.

- شماعی، علی، احمدی، علی. (۱۳۹۵). تحلیل فضایی سطوح توسعه یافتگی شهرستان‌های استان کردستان. مجله آمایش جغرافیایی فضا. س ۶. ش ۲۰: صص ۱۱۷-۱۲۸.
- شمس، مجید، خداکرمی، مهناز. (۱۳۸۹). بررسی معماری سنتی همساز با اقلیم سرد مطالعه‌ی موردی: شهر سنندج. فصلنامه‌ی جغرافیایی آمایش محیط. ش ۱۰، صص: ۹۱-۱۱۴.
- طاووسی، تقی، عبدالهی، آرام. (۱۳۸۹). ارزیابی شاخص‌های آسایش دمایی و معماری همساز با اقلیم روانسر. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی. س ۱۵. ش ۳۲: صص ۱۲۵ - ۱۵۰.
- فرهنگ جغرافیایی شهرستان‌های کشور، شهرستان سنندج. (۱۳۸۰). ج ۳، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. تهران: سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- قاضی زاده، بهرام. (۱۳۷۲). اصول و معیارهای طراحی فضاهای آموزشی و پرورشی. تهران: سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور.
- قربانی، احمد. (۱۳۸۴). بررسی میزان سازگاری بافت جدید و قدیم شهر سنندج با شرایط اقلیمی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا. دانشگاه تربیت مدرس.
- قلی‌زاده ارات بنی، مهدی، ابونوری، اسمعیل. (۱۴۰۱). تاثیر اقلیم‌های آب و هوایی بر سیستم مدیریت انرژی ساختمان در سبد هزینه خانوار. نشریه جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۵، ش ۱: صص ۳۴-۴۹.
- کسمائی، مرتضی. (۱۳۸۲). اقلیم و معماری، ویرایش محمد احمدی نژاد. تهران: انتشارات خاک.
- محمدی، اسدالله. (۱۳۸۲). برنامه‌ریزی محیطی بر پایه شاخص‌های زیست اقلیم - مطالعه‌ی موردی شهرستان مریوان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- نوری، محمد، قاسم‌زاده، مرضیه. (۱۳۹۵). تنظیم شرایط محیطی. تهران: دایره دانش.
- واتسون، دونالد، لیز، کنت. (۱۳۶۱). طراحی اقلیمی، ترجمه‌ی وحید قبادیان، محمد فیض مهدوی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

Elenora, Assisa, Barros frota. (1999). Urban bioclimatic design strategies for a tropical city, Atmospheric Environment, I 24-25, V 33: PP. 4135-4142.

Hui, S. & Chung, k. (1977). Climatic data for building energy design in Hong Kong and Mainland China. of the CIBSE National Conference, London.

Kefa, Rabah. (2004). Development of energy-efficient passive Solar building design in Nicosia Cyprus, Department of Physics, eastern Mediterranean university, Gazimagusa, North Cyprus, Via Mersinlo, Turkey.

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

Olgay, V. (1963). Design with climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton University Press, Princeton.

<http://www.chaharmahalmet.ir> (1393/7/12).

