نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی
سال دوازدهم | شماره چهل و ششم | تابستان ۱۴۰۰
وصول: ۹۹/۰۴/۰۵ پذیرش: ۹۹/۱۲/۰۴
صص ۱۳۰-۱۱۵

تحلیل تاب‌آوری اقلیمی تابش در طراحی اقلیمی شهرهای ساحلی مازندران، نمونه موردی: شهر ساحلی نور

شهریار خالدی*[۱]، فاطمه طاهری[۲]، رضا برنا[۳]
۱- استاد گروه جغرافیا، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- دانشجوی دکتری تخصصی آب و هواشناسی شهری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، اهواز، ایران

چکیده

کاربرد اصول و روش‌های طراحی اقلیمی با استفاده از منابع تجدیدپذیر برای ایجاد تاب‌آوری اقلیمی، کارآمدترین مهندسی ساخت است که منجر به کاهش آسیب‌پذیری، افزایش سازگاری اقلیمی و آسایش اقلیمی می‌شود. از این‌رو؛ تاب‌آوری اقلیمی ساختمان‌های ساحلی در مقابل تابش، که موجب تأمین نور روزانه، آسایش حرارتی و کنترل انرژی در فضای داخلی می‌شود، درسطوح و پوسته مهم و با ساعت و عمق تابش مرتبط است. هدف از این پژوهش مطالعه و تحلیل نحوه ایجاد تاب‌آوری اقلیمی در ساختمان‌های شهرهای ساحلی مازندران به‌ویژه در شهر ساحلی نور است. روش این پژوهش توصیفی تحلیلی است که از نظر هدف، کاربردی و با توجه به داده و مدل خروجی از لحاظ اجرا تحقیقی است. ابزار پژوهش، داده‌های سنوپتیکی در بازه زمانی (۱۳۹۸-۱۳۶۴) و نرم‌افزار اکوتکت.۲۰۱۱ است. تحلیل داده‌ها از نوع تألیف آماری که داده‌ها در جدول تنظیم و به شکل مدل و دیاگرام ارائه شده است. نتایج یافته‌های سینوپتیکی و تحلیل نرم‌افزار اکوتکت در شهر ساحلی نور نشان می‌دهد، منطقه دارای ۱۸۸۳,۲ ساعت تابش با ضریب ۵۰۰ وات بر متر مربع است. چگالی تابش روزانه ۷۹ درصد بر ساختمان است که ۲/۵ درصد آن تابش مستقیم است. مناسب‌ترین جهات تابش، جنوبی، جنوب‌شرقی و شرقی و نامناسب‌ترین جهت غربی است. سازگاری دما و تهویه برای تعویض هوا هر ساعت ۲/۲۴ وات بر متر مربع است. نوع شاخص تاب‌آوری اقلیمی منطقه سازگاری غیر فعال با شیب رگرسیون ۰/۹۳ می‌باشد که در بحران‌های اقلیمی توانایی بازگشت به حالت اولیه را دارد. . مناسب‌ترین نوع طراحی برای شهر ساحلی نور، تکنیک طراحی غیر فعال از جمله: توجه به جرم حرارتی، برودت تبخیری مستقیم ،غیرمستقیم، گرمایش غیر فعال تابشی، تهویه شبانه و طبیعی است. برای بهره تابشی بیشتر نیز، کاربرد تکنیک فعال در طراحی فضاهای مسکونی با نما و سقف خورشیدی با زاویه شیب ۴۶ تا ۵۱ درجه به سمت جنوب و جنوب‌غربی ساختمان مناسب است.

کلید واژه‌ها: تاب آوری اقلیمی، تابش، طراحی اقلیمی، نمای خورشیدی، شهرهای ساحلی.

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۴۵۷۱۲۸۲ Email: shahriar_khaledi6@ yahoo.com

مقدمه

تغییر اقلیم موجب به‌هم خوردن برخی از موازنه‌های طبیعی از جمله؛ تابش در نتیجه‌ی افزایش گازهای گلخانه‌ای جو و گرمایش جهانی شده که با تغییر در میانگین بلندمدت دما و بارش به اشکال خشکسالی، افزایش سیلاب‌ها، بالا آمدن سطح دریا، افزایش دمای سطح اقیانوس‌ها تجلی یافت و طراحی‌های نوینی تحت عنوان «طراحی اقلیمی» در برابر آسیب‌های حاصل از این اثرات شکل گرفت تا انعطاف لازم را در برابر بحران‌های اقلیمی داشته باشد که از سوی اندیشمندان «تاب‌آوری اقلیمی» نام گرفت.

تاب‌آوری اقلیمی یک مؤلفه مهم درتغییر اقلیم است که عناصر موجود را ارزیابی وتوانایی آنها را در مقابل عوامل آسیب‌پذیر سنجیده تا بتواند خود را در مقابل این عوامل سازگار کند یا شدت اثرات آن را کاهش دهد Fernandez (etal, 2019) و توانمندی لازم را در آماده‌سازی سیستم در برابر تغییر اقلیم داشته باشد وبه حالت اولیه برگردد. (C2ES, 2019) .

کاربرد اصولی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، مصالح مقاوم و بوم‌آورد که حول محور ساخت‌وسازهای اقلیمی هوشمند، تاب‌آوری و زیست‌پذیری شهرها برای سازگاری با اثرات تغییر اقلیم در حال و آینده قابل اجراست منجر به تاب‌آوری اقلیمی در طراحی اقلیمی می‌شود (UNFCCC,). 2015

در واقع هدف طراحی اقلیمی با رویکرد تاب‌آوری اقلیمی، علاوه بر استفاده از منابع در دسترس برای آسایش ساکنین، تسهیل افزایش بهره‌وری از انرژی در ساختمان، استفاده از ابزارهای زیست محیطی پایدار، برای بهبود محیط زندگی، کار و کاهش تأثیر شرایط نامساعد اقلیمی برسلامت افراد است (قبادیانی و مهدوی، ۱۳۸۴). برنارد و همکاران(۲۰۱۵) پنج فاکتور، جهت ساختمان، سایه، تهویه و عایق بندی مصالح را برای دست‌یابی به این نوع طراحی ارائه کردند که تأثیر مثبتی بر روی ساکنین دارد(Burnard et al,2015) .

یکی از مهمترین اهداف طراحی اقلیمی استقرار جهت ساختمان بر اساس تابش و جهت آن است. جهت طلوع تابش در اعتدالین اول فروردین و اول مهرماه از شرق و غروب آن از غرب و در انقلاب تابستانی اول تیرماه از شمال‌شرقی و غروب نیز شمال‌غربی و در دی ماه از جنوب‌شرقی طلوع و از جنوب‌غربی غروب خورشید است (زمردیان، ۸۶). بیشترین تابش در فصل زمستان از جنوب و عمق نفوذ آن نیز ۲ تا ۳ متر است. در کیفیت سطوح مورد تابش به رنگ، سطح صیقلی، نرمی و زبری پوسته ساختمان یا دیوارها توجه می‌شود رنگ روشن کمترین جذب و سطوح تیره با سطح زبر انرژی بیشتری را جذب می‌کند که بستگی به ظرفیت حرارتی مصالح به کار رفته در دیوار و پوسته ساختمان دارد (برزگر و حیدری،۹۲).

جذب انرژی خورشیدی توسط سطح خارجی ساختمان موجب می‌گردد تا دمای آن چندین درجه از دمای اطراف ساختمان بالاتر برود که مقدار افزایش آن به رنگ ساختمان، شدت تابش، اثرات خنک‌کننده بادی که بر ساختمان می‌وزد و کاهش حرارت که به واسطه تابش ساختمان به محیط خنک اطراف صورت می‌گیرد، دارد. گرم شدن دیوار با تابش نوعی دمای تصنعی ایجاد می‌کند که همان مقدار حرارت را به سطح دیوار می‌دهد. در واقع، این حرارت مجموع حقیقی حرارت تابش خورشید، تبادل تابش حرارت با آسمان و محیط اطراف و تبادل حرارتی از طریق جابجایی با هوای خارج است. این دمای تصنعی را «دمای خورشید هوا » نیز می‌نامند. که تعیین کننده بار حرارتی و برودتی در ساختمان برای میزان انرژی در فصول گرم و سرد سال است (Mavrogianni etal,2012:117).

اولین عنصر معماری که کنترل عناصر اقلیمی ساختمان را به عهده دارد و مرز بین فضای بیرونی و درونی ساختمان است و تاب‌آوری اقلیمی آن از اهم موارد محسوب می‌شود پوسته ساختمان است. پوسته ساختمان به سه روش، تابش را در ساختمان کنترل و تاب‌آوری اقلیمی ایجاد می‌کند و به سه گروه تقسیم می‌شوند

- ✓ جلوگیری از تابش آفتاب
- ✓ انعکاس
- ✓ جهت و مساحت سطح پنجره

روش‌های جلوگیری از تابش شامل، درختان، پیش‌آمدگی بالای ساختمان و پنل‌هایی که در بالای دیوارها و سقف‌ها نصب می‌شوند. این موارد مهم‌ترین روش‌های کنترل تابش بر ساختمان هستند به شرطی که در زمستان مانع نفوذ تابش نباشد.

در مناطق شمالی که پوسته ساختمان به خوبی ایزوله شدند و قادرند در برابر انتقال حرارت مقاومت کنند، جریان حرارت اضافی توسط سایبان‌ها کنترل می‌شود و نیاز به انعکاس تابش نیست. زیرا مقدار حرارت منتقل شده به فضاهای داخلی با

کاهش نور از پنجره توسط خود شیشه انجام می‌شود. این کار با استفاده از شیشه‌های رنگی و یا شیشه‌هایی با حفره‌های پرآب انجام می‌شود که در صورت عدم تهویه موجب افزایش حرارت داخلی بنا خواهد شد که عامل این گرمای زیاد، انتقال از طریق تابش و جابجایی حرارت از داخل شیشه به درون ساختمان است. در شهرهای ساحلی، نماهای شیشه‌ای بزرگ یا پنجره‌های بزرگ در ساختمان‌های جدید اجازه دسترسی به نور روزانه بیشتر، دست‌یابی به تابش و استفاده از جلوه‌های بصری بیرونی را برای ساختمان فراهم می‌کند (freewan,2019:1) و اتاق‌های شیشه‌ای جنوبی نیز ۶۰ درصد از گرمایش زمستانی این ساختمان‌ها را تأمین می‌کنند. (EESI,2019:http://www.eesi.org/livecast).

برای کنترل انرژی در ساختمان و طراحی خورشیدی، دسترسی به تابش و استفاده از آن با دو سیستم فعال و غیر فعال امکان‌پذیر است. در طراحی سیستم‌های غیر فعال تابشی، تاب‌آوری اقلیمی در همه سطوح و مراحل مستلزم بسیاری از فرایندها و ملاحظات است که به فاکتورهای زیادی مانند: جهت، سایبان و شکل ساختمان برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان نیاز دارد که هدف آن به‌دست آوردن و مهیا کردن بالاترین آسایش حرارتی و نور روزانه طبیعی در ارتباط با عناصر طبیعی و محیطی از قبیل؛ خورشید، باد، زمین و آب با سایت ساختمان است که می‌تواند اثر مستقیم یا غیرمستقیم در طراحی معماری داشته باشد. ویلیامز کالج(۲۰۱۹) پنج عنصر را برای طراحی غیر فعال ذکر کرده است؛ روزنه جداره‌ها، پخش تابش، از فضای داخلی بنا، جذب کننده‌های تابش در بنا و توده‌های حرارتی از کف بنا (https://sustainability.williams.edu/

collage,2019:1)با پیشرفت جوامع، تقاضا برای انرژی در جهان افزایش یافت. تا سال ۲۰۰۳، ساختمان‌های مسکونی در اروپا ۲۵٪ از انرژی‌های فسیلی را مصرف می‌کردند که با دستورالعمل انرژی اروپا از سال ۲۰۱۰ ساخت‌وساز ها برمبنای کاهش مصرف انرژی اجرا شده و از سال ۲۰۱۶ استفاده از سیستم ولتائیک رونق بیشتری گرفت به‌طوری‌که با نصب یک کلکتور به مساحت۴ متر مربع، ۳۲٪ از انرژی یک واحد مسکونی تأمین می‌شود (Palmerro-Marrero &etal.2019:452). در طراحی فعال، انرژی تابشی به‌روش مستقیم و با استفاده از گردآورنده‌های خورشیدی (کلکتورها) جذب و تمرکز انرژی بر روی این کلکتورها با یک عامل مکانیکی، موجب انتقال سیال گرم کننده به داخل ساختمان می‌شود (مرادی، ۸۹). بهترین جهت برای نصب این کلکتورها در رابطه (۱) باتوجه به عرض جغرافیایی محل با انحراف ۱۰تا ۱۵ درجه از سمت جنوب به غرب است.

(۱) درجه۱۰یا۱۵+عرض جغرافیایی=میزان انحراف شیب کلکتور

در محدوده مورد مطالعه، میزان انحراف شیب ۴۷ تا ۵۱ درجه به سمت جنوب و جنوب غربی است. برای افزایش تاب‌آوری اقلیمی درطراحی اقلیمی ساحلی می‌توان هردو روش فعال و غیر فعال تابشی را به‌کار برد تا حداکثر نتیجه را کسب و تا ۷۱٪ انرژی ساختمان را تأمین کرد و روند استفاده از انرژی‌های فسیلی برای گرمایش و سرمایش را کاهش داد (Palmerro-Marrero etal, 2019) .

در این زمینه مطالعات گوناگونی توسط محققان انجام شده است. منافلویان و همکاران (۱۳۹۸) بر روی سنجش تاب‌آوری اقلیمی در شهر نبریز مطالعه‌ای انجام دادند که عوامل انسانی و کالبدی را عامل تاب‌آوری شهر تبریز دانستند. پیرمحمدی و رفیعی (۱۳۹۴) در مقاله ای باعنوان تأثیر عوامل اقلیمی در طراحی ساختمان و راه رسیدن به طراحی پایداربه تأثیر اقلیم در طراحی های اقلیمی نواحی مختلف ایران پرداختند و هدف از طراحی اقلیمی را کاهش اتلاف انرژی در ساختمان معرفی کردند. دهشور و همکاران، (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با عنوان تحلیلی برروش های سنجش آسیب پذیری در محیط زیست ساحلی به تعیین نقش تنش های آسیب پذیری در مناطق ساحلی با مطالعه و تحلیل ۴۹ مقاله در میزان آسیب پذیری۷۰٪از مناطق ساحلی و ۶۹ تحقیق در ارتباط با تنش های ساحلی ۷۰٪ و۱۰ تحقیق در ارتباط با بررسی منابع مناطق ساحلی با شاخص ضریب تغییر پذیری، هم تنش و هم متغیرها در آسیب پذیری سواحل مؤثر بودند. مدیری و همکاران(۱۳۹۱) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی جهت مناسب استقرار ساختمان ها بر اساس تابش آفتاب و جهت باد ، منطقه گرگان را از روش نموداری بررسی کردند که نتایج پژوهش بهترین جهت ساختمان را جهت جنوب و جنوب‌غربی نشان داد.

پالمرو مارو و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی از اجرای انرژی‌های تجدیدپذیر در یک خانه در پرتقال، که یک

ساختمان با عمر ۳۶ سال ساخت بوده که در این مقاله از دو روش طراحی اقلیمی فعال و غیر فعال استفاده شده و به این نتیجه رسید که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با روش طراحی فعال و غیر فعال می‌تواند ۷۱ درصد انرژی ساختمان را تأمین کند. فری وان (۲۰۱۹) در ارتباط با استراتژی طراحی اقلیمی تابش در مقاله‌ای با عنوان:پیشرفت‌های طراحی خنک‌کننده‌های غیر فعال، یک رویکرد طراحی یکپارچه، به تجزیه تحلیل دستگاههای خنک کننده با انرژی تابشی خورشیدی در ساختمان پرداخت. لویی و وانگ(۲۰۱۹) در تحقیقی با عنوان، استراتژی طراحی سازگاری اقلیمی مناطق مسکونی مبتنی بر نرم‌افزار مشاوره اقلیمی و اکوتک۲۰۱۰ با نمونه موردی، شهر وایدونگ با عناصر اقلیمی،دما، رطوبت، تهویه و تابش به ارزیابی آسایش حرارتی و ارتباط آن با میزان انرژی در بنا با نرم‌افرارهای اقلیم معماری پرداختند و به این نتیجه رسیدند که می‌توان با استفاده از طراحی سازگاری اقلیمی به صرفه‌جویی انرژی با ایجاد یک فضای زندگی و رسیدن به آسایش حرارتی رسید.

با توجه به شناختی که از وضعیت طراحی در محدوده پژوهشی از گذشته تاکنون وجود دارد، یک دگردیسی طراحی در این محدوده اتفاق افتاده که بعضاً به سمت یک طراحی غیر اقلیمی و بومی کشیده می‌شود و موجب یک درهم تنیدگی معماری در منطقه است که اصولاً غیر منطقی به نظر می‌رسد و تاب‌آوری اقلیمی مورد نظر را ندارد و خساراتی را در بحران‌های اقلیمی آینده در پی خواهد داشت. در این پژوهش به بررسی زوایای تابشی و تأثیر آن بر فاکتور نور روزانه برای تعیین مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین جهت تابش بر ساختمان از نظر طراحی خورشیدی، نقش توده حرارتی بنا در آسایش حرارتی، تأثیر چرخش تابش بر انتقال و جذب حرارت از ساختمان، انطباق دما و تهویه برای تعویض هوا، شاخص تاب‌آوری اقلیمی و طراحی اقلیمی غیر فعال و فعال برای شهر ساحلی نور پرداخته خواهد شد و نتایج حاصل به صورت کاربردی قابلیت اجرا خواهد داشت.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش براساس اطلاعات سینوپتیکی در بازه زمانی (۱۳۹۸-۱۳۶۴) استواراست. برای تحلیل تابش ساختمان از نرم‌افزار اکوتکت ۲۰۱۱ استفاده شده است. یکی از ابزارهای کمی پژوهش حوزه اقلیم معماری که به تحلیل عناصر اقلیمی در بحث‌های معماری می‌پردازد اکوتکت است که نرم‌افزاری جامع برای تجزیه تحلیل محیط زیست بوده و توسط اتودسک تهیه شده است. از نظر کمی و کیفی، توانایی ارزیابی مناسب بودن وضعیت اقلیمی ساختمان را با کاربرد یک سری از توابع داشته و با آنالیز دقیق محیطی نظیر؛ تابش، نور روزانه، باد محیطی، دید فضایی، مصرف منابع و غیره را در همان زمان به‌صورت قدرتمند تجزیه تحلیل کرده و به طور مستقیم عملکرد محیطی مختلف ساختمان را منعکس می‌کند (Liu& Wang, 2019). یکی از مؤثرترین روش‌ها برای طراحی تحلیل حرارتی در ساختمان برای بررسی وضعیت انرژی و پیش‌بینی کیفیت‌ها و عملکردهاست. از جمله ابزارهای پژوهش در حوزه کمی که در بخش انرژی کاربرد بسیاری داشته و کشورهای زیادی از این ابزار استفاده می‌کنند. این نرم‌افزار حتی برای تابش، جریان هوا و تهویه، تحلیل حرارتی داخل ساختمان، نوع سقف و تحلیل حرارتی آن، تحلیل بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان واز همه مهم‌تر شاخص سازگاری اقلیمی برای تاب‌آوری اقلیمی در ساختمان مدل ارائه می‌دهد که به صورت گراف،جدول و نمودار ارائه شده است. تنها عیب این نرم‌افزار این است که قابلیت محاسبه شاخص بارش را ندارد. نوع داده‌های این نرم افزار WEA است که برای محدوده پژوهش از داده‌های Iran Weather Data استفاده شده است.

این پژوهش از نظر هدف در گروه تحقیقات کاربردی قرار دارد و با توجه به داده و مدل خروجی، از لحاظ اجرا تحقیقی است. تحلیل داده‌ها از نوع تألیف آماری که داده‌ها در جدول تنظیم و به شکل مدل و دیاگرام ارائه شده است. معیار انتخاب شهر ساحلی نور برای پژوهش، ارائه طراحی تاب‌آوری اقلیمی در ساختمان برای کنترل بهتر انرژی با روش‌های غیر فعال و فعال تابشی و اثر آن بر آسایش حرارتی در ساختمان‌های این شهر ساحلی است. نتایج یافته‌ها به صورت جداول و نمودارها ارائه و مورد تحلیل و بررسی قرارگرفته است.

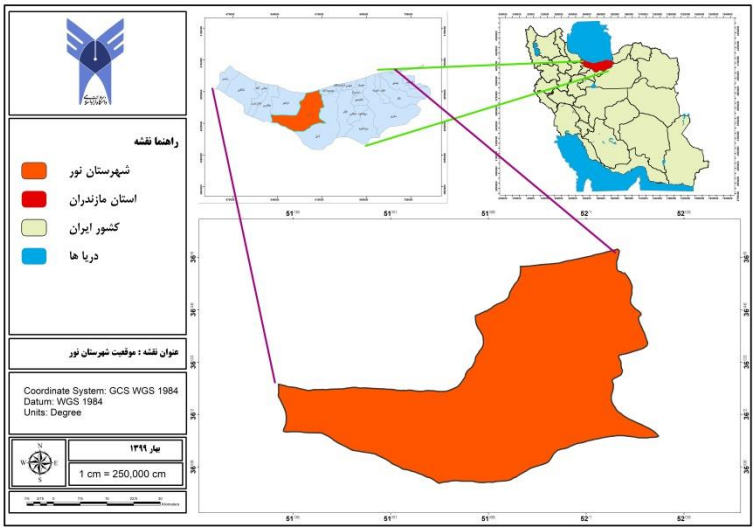
محدوده پژوهش

استان مازندران با ۲۲ شهر از استان‌های شمالی کشور که ۱۵ شهر آن در سواحل دریای مازندران قرار دارد. شهرستان نور

با موقعیت مکانی بین ۳۶ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و۲۰ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی (شکل ۱) با ارتفاع ۱۹- متر از سطح دریاهای آزاد، یکی از ۲۲ شهرستان استان مازندران با وسعت ۲۶۷۵ کیلومتر مربع، سومین شهرستان این استان از نظر وسعت، که در غرب آن واقع بوده که از شمال به دریای مازندران با طول ۲۸ کیلومتر، از جنوب به کوه‌های شمیرانات و کرج از شرق به آمل و شمال‌شرق به محمودآباد از غرب به نوشهر متصل است. (ملاصالحی و شمالی، ۹۳).

یافته‌های پژوهش

طبق داده‌های هواشناسی در بازه زمانی (۱۳۹۸-۱۳۶۴) میانگین بارش منطقه ۱۲۸۹ میلی‌متر، تعداد ساعات آفتابی ۱۸۸۳,۲ میانگین دما ۱۶/۵درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۸۱ درصد و سرعت باد ۱/۴ متر برثانیه می‌باشد (جدول ۱). بیشترین میزان تابش فصلی در تابستان با ۷۱۸ ساعت و کمترین میزان آن در زمستان با ۳۷۱ ساعت می‌باشد (شکل ۲).

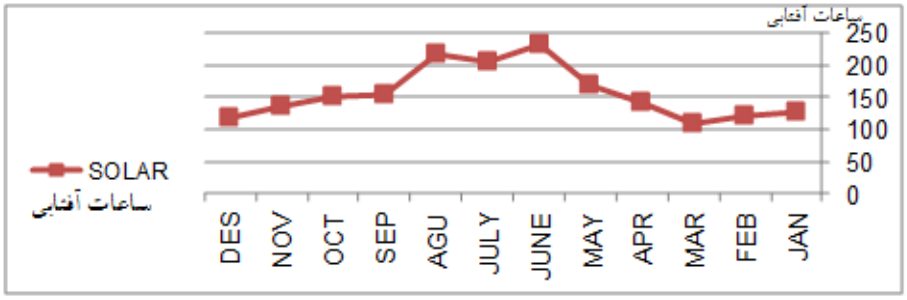


شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی نور،۹۹

جدول ۱- عناصر جوی محدوده تحقیق (۱۳۹۸-۱۳۶۴)

مجموع تابش سالانه (ساعت)	بیشترین تابش فصلی(ساعت)	کمترین تابش فصلی(ساعت)	میانگین دما c°	میانگین بارش mm	میانگین رطوبت نسبی٪	میانگین سرعت باد m/s	تعداد یخبندان (روز)
۱۸۸۳,۲	۷۱۸	۳۷۱	۱۶/۵	۱۲۸۹	٪۸۱	۱/۴	۵

منبع: داده‌های جوی ایستگاه سینوپتیک نوشهر، ۹۸



شکل۲- تابش ماهانه محدوده پژوهش، منبع: داده‌های ایستگاه هواشناسی(۱۳۹۸-۱۳۶۴)

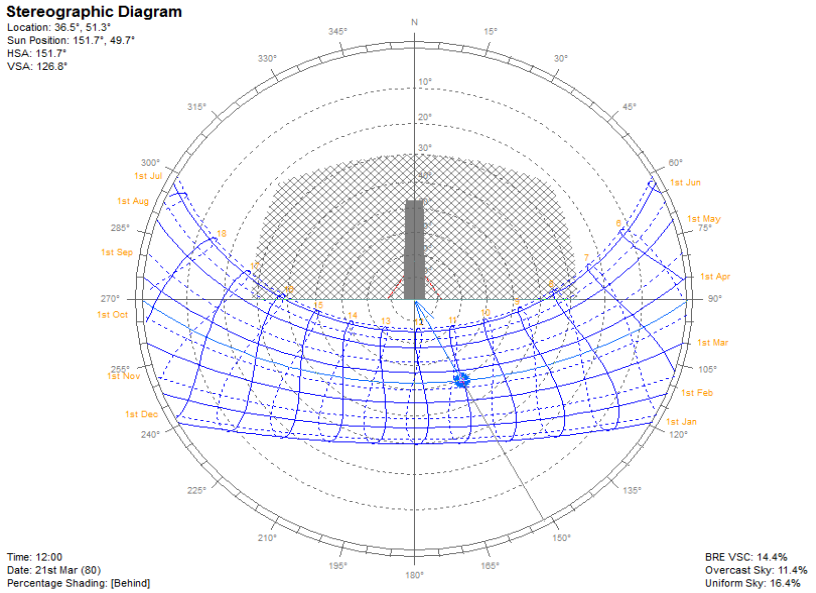
نورخورشید، مهمترین عنصر اقلیمی، با طول موج‌های کوتاه، بلند و بازتاب حرارتی، نقش مؤثری در گرمایش ساختمان ایفا کرده و در مسیر حرکت روزانه خود در ساعت ۱۲ ظهر به بالاترین ارتفاع خود می‌رسد. (شکل ۳) طبق یافته‌های تحقیق (جدول ۲) آفتاب سالانه منطقه ۱۸۸۳,۲ ساعت، زاویه تابش محدوده تحقیق در انقلاب تابستانی۷۰/۲ درجه، در انقلاب زمستانی ۳۰/۶ درجه و در اعتدال بهاری۵۴/۲ و پاییزی ۴۸/۸ درجه است. در (جدول ۳) نیز تابش ماهانه در محدوده پژوهش بر حسب ساعت بیان شده است.

همان‌گونه که در جدول ۲ مشخص است زاویه تابش در ماه‌های سرد سال کمتر از ۴۵ درجه است و در ماه‌های گرم این زاویه به بیشتر از ۴۵ درجه می‌رسد. در فصل سرد با توجه به زاویه تابش بیشترین میزان تابش از پنجره وارد ساختمان شده و موجب گرم شدن بنا و موجب افزایش بار حرارتی با استفاده از تابش و کنترل اقلیم ساختمان می‌شود. ودر تابستان بخشی از تابش منعکس شده و سایه بیشتری ایجاد می‌کند.

جدول ۲- زاویه و جهت تابش ماهانه در محدوده پژوهش بر حسب درجه

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	جولای	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
زاویه تابش	۳۰/۶	۳۳/۱	۴۲/۱	۵۴/۲	۶۴/۴	۵۷/۷	۷۰/۲	۶۶/۱	۵۸/۶	۴۸/۸	۳۸/۳	۳۰/۷
موقعیت خورشید	۱۷۷/۷	۱۵۷/۵	۱۵۳/۷	۱۴۹/۶	۱۴۳/۱	۱۷۷/۳	۱۲۶/۵	۱۳۴/۰	۱۴۷/۸	۱۵۸/۹	۱۶۴/۹	۱۶۵/۴
زاویه تابش افقی	۱۷۷/۷	۱۵۷/۵	۱۵۳/۷	۱۴۹/۶	۱۴۳/۱	۱۷۷/۳	۱۲۶/۵	۱۳۴	۱۴۷/۸	۱۵۸/۹	۱۶۴/۹	۱۶۵/۴
زاویه تابش عمودی	۱۴۹/۴	۱۴۴/۸	۱۳۴/۸	۱۲۱/۹	۱۱۰/۹	۱۰۴/۳	۱۰۲/۱	۱۲۹/۱	۵۸/۶	۱۲۹/۲	۳۸/۳	۱۴۸/۵

منبع: محاسبات پژوهش حاضر، ۹۸



شکل۳: مسیر حرکت روزانه خورشیددر محدوده پژوهش،۹۸

جدول۳: داده‌های تابش محدوده پژوهش(۱۳۹۸-۱۳۶۴) بر حسب ساعت

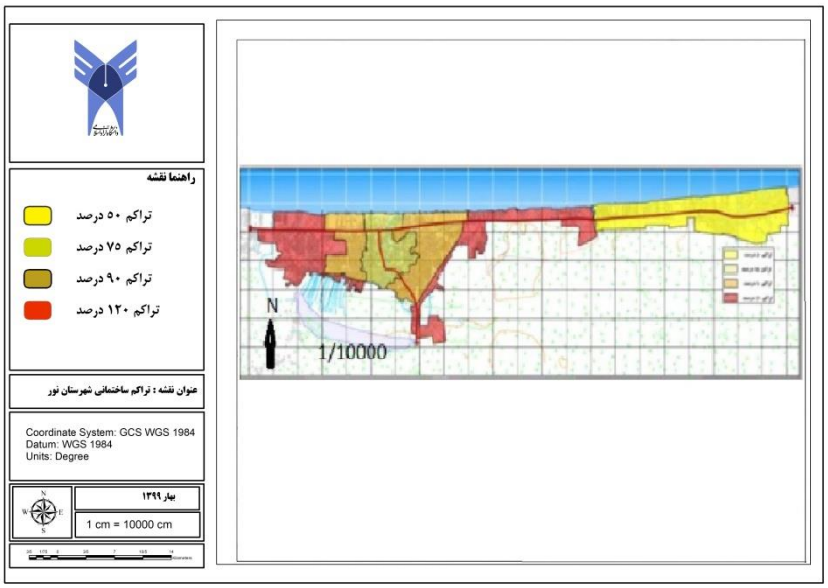
ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
میانگین تابش ماهانه	۱۴۳,۹	۱۶۸,۷	۲۳۱,۹	۲۰۴,۶	۲۱۷,۶	۱۵۳,۶	۱۳۵,۶	۱۱۶,۹	۱۲۶,۸	۱۲۶,۸	۱۲۱,۴	۱۰۸,۹	۱۸۸۳,۲
حداکثر تابش مشاهده شده	۲۲۱,۳	۲۵۸,۸	۳۰۲,۰	۲۷۹,۱	۳۱۲,۹	۲۳۵,۵	۲۰۲,۳	۱۹۰,۸	۱۸۴,۸	۱۸۰,۰	۱۹۵,۳	۱۸۲,۰	۲۳۰۴,۵
حداقل تابش مشاهده شده	۵۲,۹	۷۹,۸	۱۶۶,۶	۱۱۷,۷	۱۱۶,۴	۹۶,۵	۷۱,۳	۷۶,۷	۶۴,۲	۷۴,۷	۵۷,۴	۳۳,۵	۱۵۵۱,۲
انحراف معیار	۴۲,۴	۵۰,۱	۳۶,۹	۴۱,۲	۵۸,۱	۳۹,۵	۲۷,۸	۲۹,۰	۲۵	۲۷,۵	۳۲,۳	۴۱,۰	۱۸۳,۶

منبع: داده‌های هواشناسی

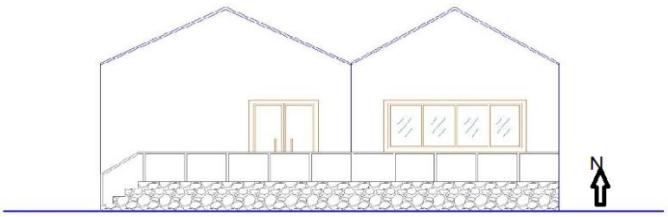
یافته‌های جدول ۳ در محدوده پژوهش مبین میانگین تابش در ماه‌های سال است که بیشترین ساعات آفتابی در مرداد و کمترین ساعت آفتابی در ماه‌های سرد سال است. به‌منظور به‌دست آوردن تاب‌آوری اقلیمی تابش در طراحی اقلیمی ساختمان در محدوده پژوهش علاوه بر داده‌های اخذ شده از ایستگاه هواشناسی (۱۳۹۸-۱۳۶۴) در مقیاس سالانه، ساختمان‌های محدوده بافت قدیم، مرکزی و جدید (بافت ساحلی) شهر به‌عنوان داده‌های پژوهش مد نظر قرار داده شد که دارای تراکم متفاوت در جهات مختلف شهر ساحلی نور هستند. لازم به ذکر است برای احداث بنا میزان سطح اشغال بنا را مشخص می‌کنند که اگر سطح اشغال در زون مسکونی ساختمان‌های دو طبقه ۶۰ درصد باشد سطح تراکم مجاز در این زون ۱۲۰ درصد است. که تعداد طبقات در سطح اشغال ضرب و تراکم مجاز محاسبه می‌شود. در بافت جدید شهر ساحلی نور میزان تراکم مجاز ۱۲۰ درصد در دو طبقه که در بخش‌های ساحلی، شرقی، غربی و جنوبی واقع است (شکل ۴). در پژوهش حاضر رفتار حرارتی این ساختمان‌ها در نرم‌افزار اکوتکت ۲۰۱۱ مورد تجزیه تحلیل قرارگرفت و نتایج حاصل به صورت جداول و اشکال بیان شده است.

تحلیل تاب‌آوری اقلیمی تابش بر نمای ساختمان

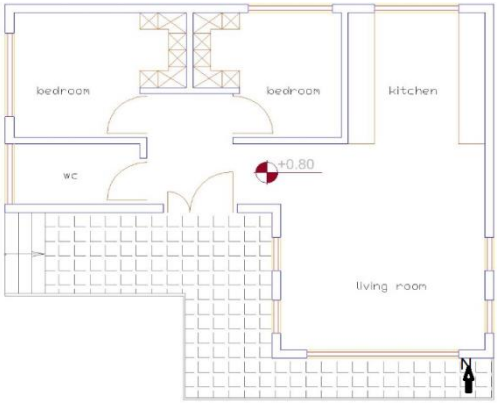
در تاب‌آوری اقلیمی جهت تابش برای ایجاد بهترین شرایط دمایی در داخل ساختمان در محدوده پژوهش، علاوه بر جهت جنوبی، جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی نما که برای دریافت تابش منظم‌تر در فصل زمستان وجهات شرقی و غربی در تابستان است، رنگ نمای ساختمان نیز بسیار اهمیت داشته و موجب کاهش یا افزایش بار گرمایی در بنا می‌شود، که در جهت جنوبی، روشن و در جهات دیگر تلفیقی از رنگ‌های تیره برای جذب تابش بیشتردر فصول سرد سال شده است (شکل۵و ۶).



شکل ۴- نظام تراکم ساختمانی در شهر ساحلی نور،۹۸



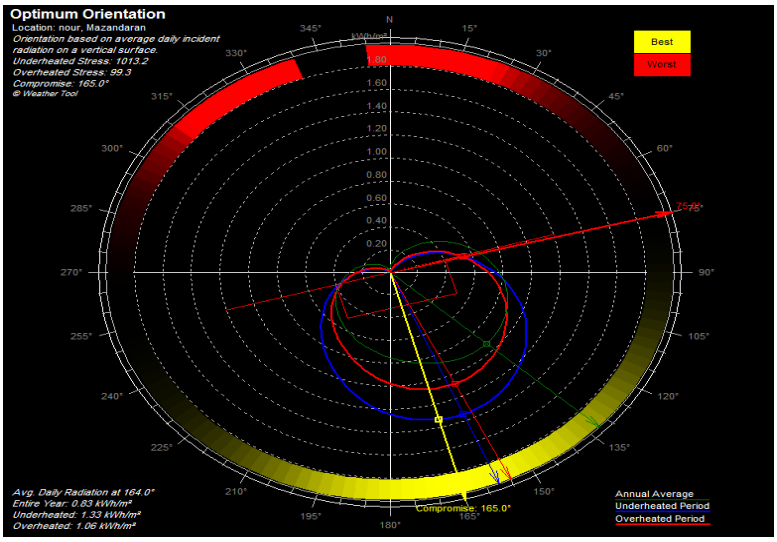
شکل ۵- نمای شمالی و جنوبی ساختمان در محدوده بافت مرکزی پژوهش، ۹۸



شکل ۶- پلان داخلی همان ساختمان در محدوده بافت مرکزی پژوهش، ۹۸

تحلیل حرارتی تابش بهینه

تحلیل شکل (۷) تابش بهینه را در محدوده پژوهش نشان می‌دهد. بهترین جهت استقرار ساختمان در سایت براساس متوسط تابش روزانه بر روی سطح عمودی است. خطوط سبز میانگین تابش سالانه، خطوط آبی وضعیت فصل سرد سال که نیاز به افزایش تابش با افزایش پنجره‌های جنوبی بوده و خطوط قرمز نیز وضعیت دوره گرم سال که نیاز به کاهش تابش با استفاده از نقاب پنجره، سایبان‌های افقی و عمودی است. خطوط زرد وضعیت بهترین حالت استقرار ساختمان را در قسمت‌های جنوب، جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی نشان می‌دهد و خطوط قرمز نیز بیشترین اتلاف حرارتی ساختمان را از بخش‌های شمال، شمال‌شرقی و شمال‌غربی و غرب بیان کرده است. برای کاهش اتلاف حرارتی عایق حرارتی سقف و بدنه ساختمان، مصالح با ظرفیت حرارتی مناسب توصیه می‌شود.

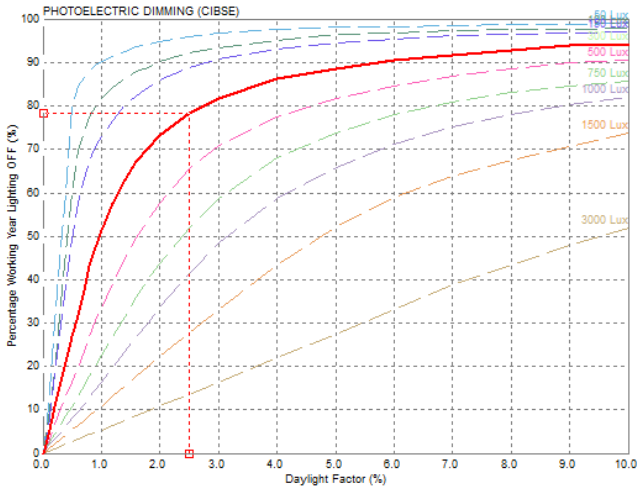


شکل۷- تابش بهینه در محدوده پژوهش،۹۸

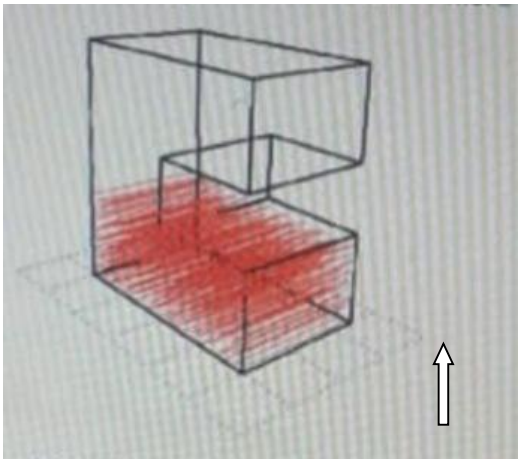
تحلیل نور روزانه بر ساختمان

برای پاسخ‌گویی حرارتی در فضای داخلی، مقدار اشعه تابیده شده بر ساختمان و تابش روزانه برای نورگیری آن بسیار مهم بوده که به جهت و فصل سال بستگی دارد. کمترین تابش روزانه از سمت شمالی ساختمان و بیشترین آن از جهت جنوبی است. جهات دیگر ساختمان به تناوب با ایجاد پنجره‌ها و نورگیرهای مناسب در طول روز می‌توانند نور مورد نیاز را تأمین کرده و موجب آسایش حرارتی در فضای داخلی شوند. علاوه بر این؛ نور روزانه درصد دامنه تابش مستقیم ساختمان، ضریب روشنایی و

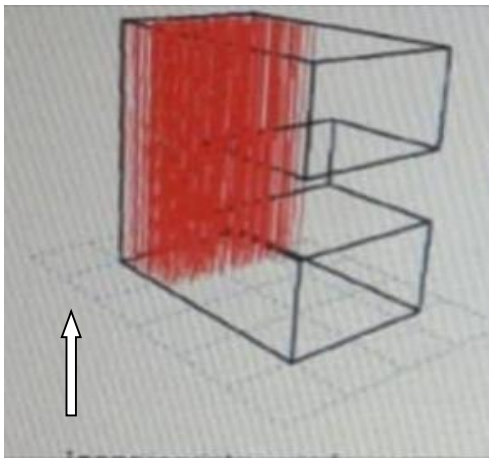
چگالی تابش را نشان داده که به‌شکل یک منحنی تابع بوده که در محدوده پژوهش این ضریب ۵۰۰ وات بر متر مربع با ۷۹ درصد اشعه تابیده شده بر ساختمان مقدار نور روزانه ۲/۵ درصد تابش مستقیم بر ساختمان است (شکل۸). بهترین دریافت نور روزانه در محدوده پژوهش، جنوب، جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی (شکل۹) و نامناسب‌ترین آن ازجهت غربی ساختمان است.(شکل۱۰) دلیل این امر کاهش ارتفاع تابش روزانه است که موجب شدت تابش از این جهت است.



شکل ۸- فاکتور نور روزانه در محدوده پژوهش،۹۸



شکل ۹- مناسب‌ترین جهت نور روزانه (جنوب)



شکل۱۰- نامناسب‌ترین جهت نور روزانه (غربی)

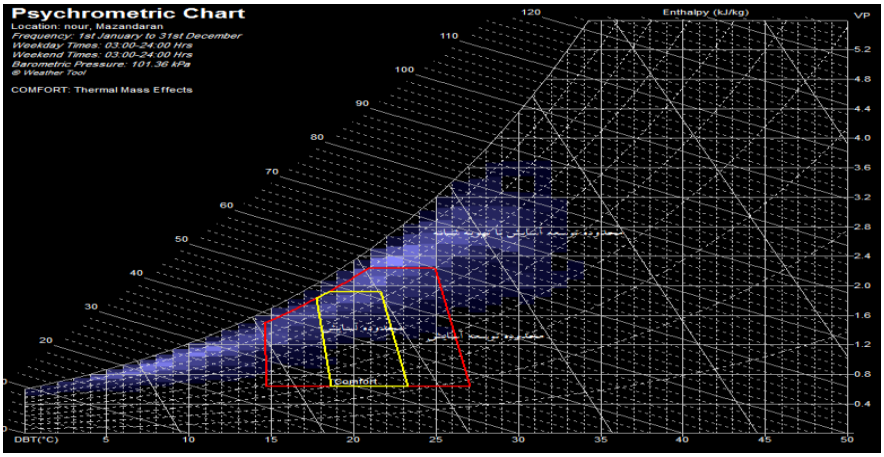
حرارت ناشی از جذب مستقیم تابش (شکل۱۳)، از سطوح شفاف و یا نیمه شفاف و برخورد با سطوح داخلی و بازتابش حرارتی آنها بوده که با عملکرد غیر فعال نورگیرها و فضای شیشه‌ای میسر می‌شود. در ماه‌های گرم و در ساعات میانی روز، به‌سرعت و با مقادیر بالایی، انرژی خورشیدی از طریق پنجره‌ها جذب و موجب افزایش دمای داخل شده که با ایجاد سایبان افقی از ساعت ۱۰ صبح تا ۱۷ عصر و از فوریه تا سپتامبر موجب افزایش بار خنک‌کنندگی می‌شود. با توجه به ضریب جذب سایبان *SC* با زاویه ۰,۸۷ درصد در محدوده پژوهش ۱,۱۵ درصد از شیشه است. در فصل‌های مختلف گاهی اوقات این ضریب به صفر درصد هم در محدوده پژوهش می‌رسد که علت آن تابش کاملاً عمودی خورشید بر شیشه است که هیچ سایه‌ای ایجاد نمی‌کند. در واقع شکل(۱۱) بیانگر بهره خورشیدی ساختمان از تابش مستقیم است که از طریق شیشه‌ها وارد فضای داخلی ساختمان می‌شود که مقدار این جذب تا ۱۷ وات بر مترمربع در ساعت است. همچنین کل بار حرارتی وارد شده که از مجموع حرارت جذب شده و حرارت

منتقل شده از فضای داخلی ساختمان است را نشان می‌دهد. در محدوده پژوهش با توجه به فاکتور نور روزانه شکل(۸) و مقدار *SC* (ضریب جذب سایبان) حرارت وارد شده به داخل بنا ۴۱٫۸ درصد و مقدار انتقال حرارت ۵۸ درصد است. این اختلاف دارای سه دلیل است: ۱- به ضریب انتقال حرارت لایه هوای روی شیشه در بیرون شیشه که ۲٫۵ وات بر متر مربع در ساعت است ۲- ضریب انتقال حرارت لایه هوای شیشه در داخل اتاق که ۱٫۸ وات بر متر مربع در ساعت است. سرعت انتقال هوا به طرف شیشه حدود ۰٫۵ تا ۱ متر بر ثانیه یا ۱۰۰ تا ۲۰۰ فوت بر دقیقه است. ۳- دمای شیشه بیش از دمای داخل و دمای بیرون ساختمان است.

شکل ۱۱- جذب تابش مستقیم از پنجره در ساختمان محدوده پژوهش

تحلیل اثر توده حرارتی بر ساختمان و آسایش

اثر جرم حرارتی(شکل ۱۲) ناشی از تابش نور روزانه بر جزئیات نمای ساختمان است که با ظرفیت حرارتی مصالح نمای ساختمان ارتباط نزدیکی داشته و موجب بهبود آسایش حرارتی در هر قسمتی از ساختمان که دارای نوسان دمایی روزانه باشد مؤثر بوده و نقش مهمی در کاهش استفاده از انرژی در سیستم‌های گرمایش و خنک‌کننده‌های فعال دارد. ظرفیت حرارتی پایین با خطوط قرمز منطقه توسعه آسایش با جرم حرارتی و رنگ زرد محدوده آسایش اقلیمی و محدوده آبی رنگ تحت تأثیر زاویه عمودی تابش بوده و بار حرارتی را در ساختمان ایجاد می‌کند.



شکل ۱۲- اثر توده حرارتی ساختمان در محدوده پژوهش ،۹۸

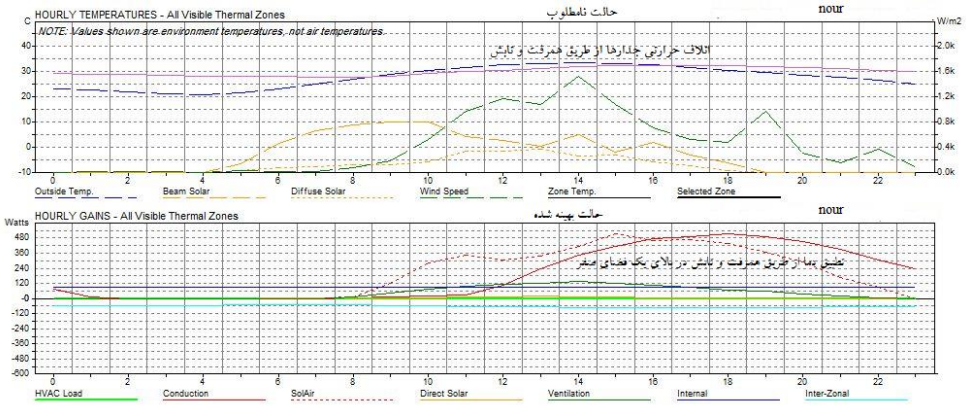
تحلیل حرارتی جذب تابش و اتلاف حرارت در ساختمان

توصیفی از روند جذب حرارتی و عوامل مؤثر بر افزایش یا کاهش بار حرارتی ساختمان است (شکل ۱۳) که با ویژگی‌های ساختاری، هندسه و جرم حرارتی ساختمان ارتباط داشته و تأثیر چرخش تابش را بر میزان جذب انرژی در سطوح مختلف ساختمان با جذب مستقیم همراه بوده و

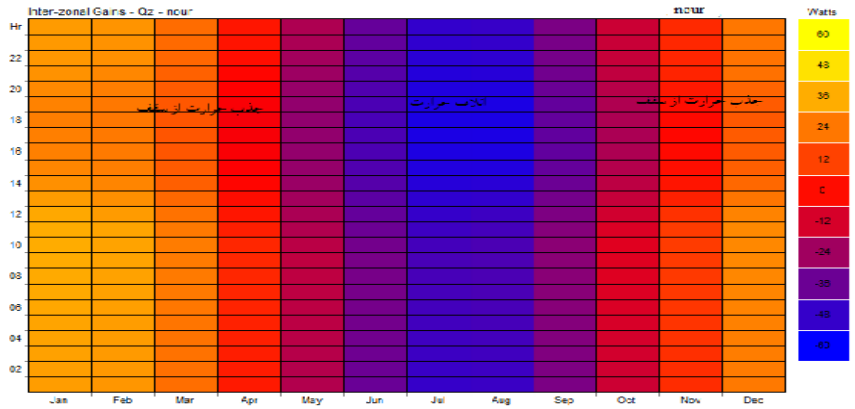
میزان انرژی دریافتی را تحت تأثیر زاویه عمودی خورشید نشان می‌دهد. پنجره‌ها به‌عنوان مولدهای جریان حرارتی و تهویه مطبوع در ساختمان نقش مؤثری ایفا می‌کند. اتلاف حرارت جدارها به روش همرفت و تابش از ساختمان انتقال یافته و حالتی نامطلوب را در بنا ایجاد می‌کند که در حالت بهینه شده تطبیق دما از طریق همرفت و تابش صورت می‌گیرد. یکی از موارد مهم که در ساختمان‌های شهر ساحلی نور مورد توجه است، پنجره‌ها و بازشوها در همه جهات بنا است که تأثیر زیادی در ایجاد تهویه و افزایش عملکرد حرارتی ساختمان دارد.

تحلیل حرارتی توزیع دمایی در سقف‌های شیب‌دار

نوع پوشش سقف ساختمان در نواحی ساحلی شهرستان نور، عمدتاً از ورقه‌های گالوانیزه، ایرانیت یا پوشش سفالی بوده که علت آن ظرفیت حرارتی پایین برای سرعت تعدیل حرارتی در ساختمان است. این (شکل۱۴) نقاط زرد رنگ، جذب تابش، نقاط آبی اتلاف حرارتی و سایر رنگ‌ها درمحدوده آسایش قرار دارند. ماه‌های فصل زمستان به‌علت جهت طلوع تابش از سمت جنوب‌شرقی، بیشترین تابش دریافتی از سقف بنا هنگام ظهر از قسمت جنوبی بوده که موجب افزایش حرارت داخلی در روز و کاهش نیاز حرارتی در طول شب شده ولی در فصل تابستان تیر و مرداد، بیشترین اتلاف حرارتی از سقف در قسمت‌های غربی و شمالی با کمترین تایش دریافتی بوده است. سقف سفالی در ظهر تابستان تا حد زیادی در کاهش جذب حرارتی مؤثر بوده در حالی که این گرمایش در زمستان از طریق پنجره‌های جنوبی جذب می‌شود. (شکل ۱۵) با تعویض سقف از گالوانیزه به سفالی در تابستان مجموع حرارتی کاهش یافته و رفتار حرارتی ساختمان تغییر می‌کند. برای تبادل حرارتی اطراف ساختمان با فضای داخلی با افزایش تعداد سقف و ارتفاع آن می‌توان به تاب‌آوری اقلیمی با استراتژی سازگاری دست یافت.



شکل ۱۳- جذب تابش و اتلاف حرارت در ساختمان در محدوده پژوهش، ۹۸



شکل ۱۴- اتلاف حرارتی از پوشش سقف ساختمان در محدوده پژوهش، ۹۸

شکل ۱۵- جهت جنوبی سقف سفالی در محدوده پژوهش،۹۸

تحلیل حرارتی دما و تهویه

با توجه به معدل دما و رطوبت در محدوده پژوهش، همواره نیاز به تهویه مطلوب در ساختمان با سه عملکرد آن؛ خنک کردن ساختمان، آسایش انسانی و سلامت افراد وجود دارد که در (شکل۱۶) این ویژگی‌های کالبدی و عملکردی را با توجه به میزان دما و تهویه لازم در ساختمان نشان می‌دهد. دمای محیط با نقاط قرمز، زیر خط آسایش و نیازمند بار تهویه نبوده و نقاط آبی در بالاتر از خط آسایش نیاز به تهویه و خطوط نقطه‌چین با رنگ سبز پارسی هم بیانگر شرایط مناسب تهویه در ساختمان است. شاخص سازگاری دما و تهویه در ساختمان با توجه به زیر بنای ساختمان است. این شاخص برای یک زیربنای ۱۲۰ مترمربع ۲/۲۱ وات ساعت بر مترمربع است. به این معنا که در هر ساعت ۲/۲۱ وات در مترمربع تهویه با استفاده از بازشوهای مختلف بنا هوا تعویض شده و موجب کاهش فشار بخار آب در بنا و آسایش حرارتی می‌شود. با توجه به ساحلی بودن نور و میزان بالای رطوبت در فصل‌های سال، یکی از مواردی که همواره مورد توجه است، ارتفاع پنجره از کف اتاق در فضاهای عملکردی مختلف ساختمان است که برای تعدیل دما و تهویه ساختمان بسیار ضروری است. به طور معمول در محدوده پژوهش این ارتفاع ۵۰- ۷۰ سانتی‌متر است که بهترین عملکرد تهویه در تابستان و بهترین نورگیری در زمستان برای اتاق ایجاد می‌شود.

تحلیل حرارتی گرمایش غیر فعال تابشی

گرمایش غیر فعال، بیانگر تأثیر تابش بر عناصر ساختمانی به صورت غیر فعال بوده که به نوع مصالح نمای بیرونی، جداره‌ها، دیواره، کف، سقف، پنجره‌ها و جهت آنها بستگی داشته و تابش مستقیم را جذب و آن را به صورت غیر مستقیم به فضای داخلی بنا منتقل می‌کند. در (شکل۱۷) محدوده توسعه آسایش انسانی در فضای داخلی ساختمان بین دمای ۱۳-۱۸ درجه با رنگ قرمز و محدوده آسایش در دمای ۱۸-۲۴ درجه با رنگ زرد و محدوده آبی رنگ نیاز به خنک‌کنندگی و جریان هوا در فضای داخلی بنا است.

تحلیل استراتژی تکنیک‌های غیر فعال

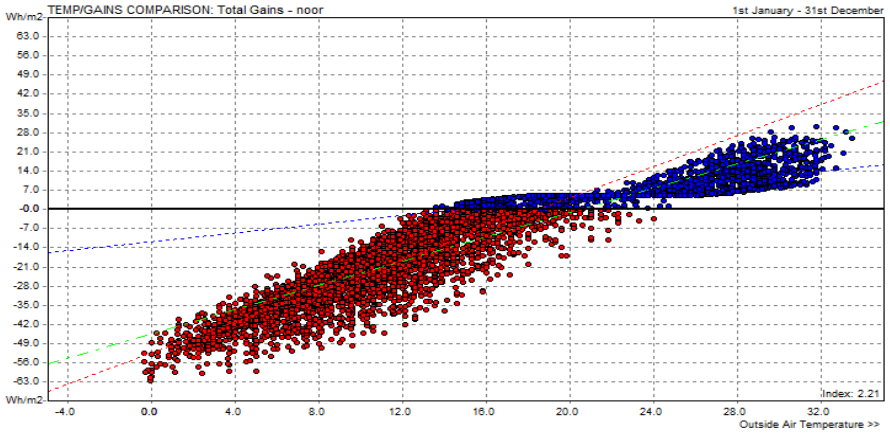
با توجه به تکنیک‌های چند لایه غیر فعال تابشی در شهر ساحلی نور، محدوده آسایش به صورت نمودار در قبل از اجرای تکنیک و بعد از آن به صورت ماهانه و سالانه نشان می‌دهد. بیشترین میزان آسایش در ماه می با ۸۲٪ ، ژوئن و اکتبر با ۷۰٪ آسایش در بنا در محدوده پژوهش برقرار بوده که کمترین میزان آن در ماه ژانویه با ۰/۵٪ آسایش، نیاز به گرم کننده‌های غیر فعال تابشی، تابش مستقیم از پنجره‌های جنوبی و تأسیسات مکانیکی برای توسعه منطقه آسایش دارد. این تکنیک‌ها شامل؛ گرمایش غیرفعال تابشی، اثرات توده حرارتی، توده‌های حرارتی با کاهش بار حرارتی در تهویه شبانه، تهویه طبیعی، برودت تبخیری مستقیم و برودت تبخیری غیر مستقیم است با توجه به تکنیک‌های طراحی در محدوده پژوهش، مندرجات آن در (جدول۴) بیان شده است.

در (جدول ۴)، بیشترین میزان آسایش با توجه به اجرای تکنیک‌های غیرفعال خورشیدی بعد از تابش و درصد بالا در بهار و پائیز با درصد بالا و زمستان و تابستان با درصد

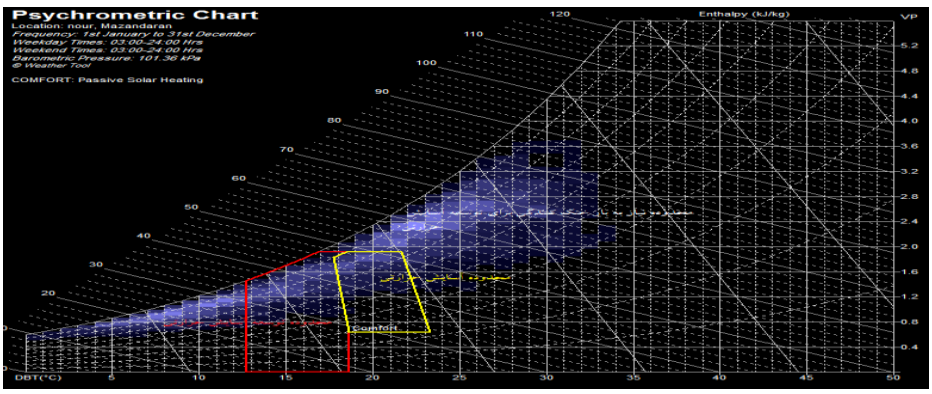
کمتر است. زیرا در این دو فصل نیاز یا عدم نیاز به خنک‌کننده‌های تبخیری وجود دارد و آسایش تا ۸۰٪ در فصل‌های اعتدالی برقرار است. ارائه تکنیک‌های غیر فعال تابش، (شکل۱۸) در واقع تاب‌آوری اقلیمی تابش در طراحی اقلیمی از نوع استراتژی سازگاری اقلیمی در محدوده پژوهش است.

تحلیل شاخص تاب‌آوری اقلیمی

این شاخص (شکل ۱۹) بیانگر عملکرد غیر فعال در ساختمان بوده و نسبت دمای حرارتی مورد نظر به بیرون در طول سال به صورت خطی شیب‌دار ترسیم شده که نمایشگر رگرسیون یا بهترین وضعیت تطابق حرارتی فضای داخلی و دمای بیرونی بوده و شیب آن در شرایط متعارف با ضریب ۰/۸۵ تا ۱/۱ تغییر می‌کند. بدیهی است در یک اقلیم با نوسان دمایی بالا هر چه این شاخص از یک عدد کمتر باشد ساختمان از لحاظ غیر فعال بودن عملکرد بهتری دارد. به‌عبارتی، ساختمان در کنترل تبادل حرارتی و برای تأمین شرایط آسایش داخلی، بیشتر به ویژگی‌های کالبدی خود ساختمان وابسته است تا به تأسیسات مکانیکی. در این نمودار رنگ سبز بیانگر محدوده آسایش و رنگ آبی بیانگر حد بالای آسایش است و نیازمند بار سرمایشی است و رنگ قرمز بیانگر معرف دفعاتی است که حوزه مورد مطالعه در زیر مرز آسایش قرار داشته و نیازمند بار گرمایشی است. تأثیر بکارگیری جرم حرارتی، تهویه‌ی طبیعی و مصالح مقاوم‌تر نسبت به رسانایی حرارتی باعث خواهد شد تا شاخص به عدد ۰/۵ نزدیک شود. با این حال تنها زمانی قابل اطمینان است که تأسیسات خاموش باشند. در حقیقت ساختمان‌های متعارف در زمان خاموشی تأسیسات و صرفاً کالبدی، دارای ضرائبی بالاتر یا مساوی یک هستند که بیانگر ضعف ساختمان در نگهداری انرژی است. شاخص انطباق غیر فعال در محدوده تحقیق با شیب رگرسیون ۰/۹۳ بوده که بهینه‌ترین حالت انطباق و مقدار عددی تاب‌آوری اقلیمی بوده که قدرت بازگشت به حالت اولیه در هنگام حوادث ناشی از تغییر اقلیم را دارد.



شکل ۱۶- تطبیق دما و تهویه، محدوده پژوهش، ۹۸

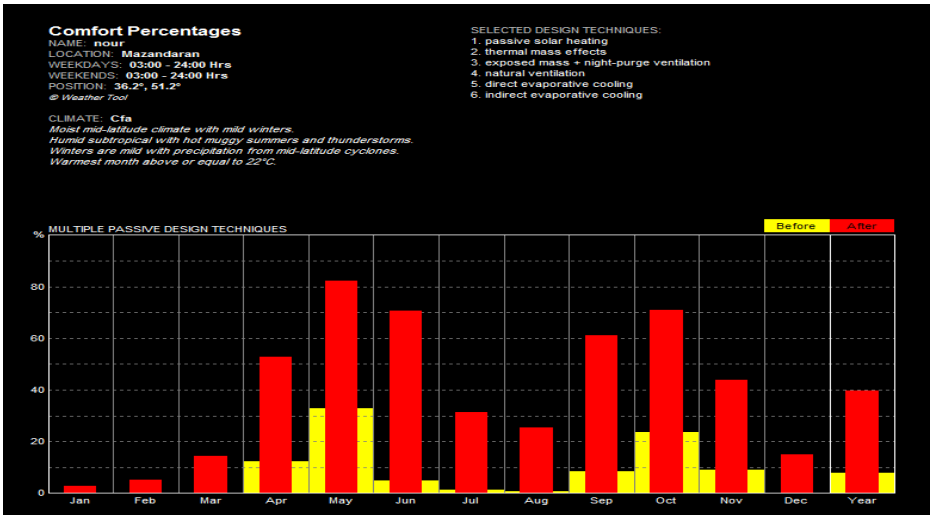


شکل ۱۷- گرمایش غیر فعال تابشی ،۹۸

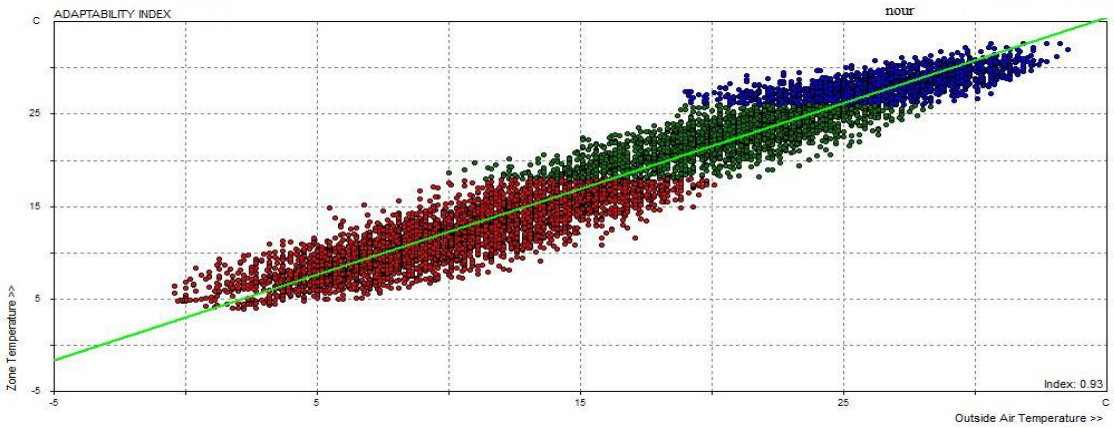
جدول ۴- روش‌های چند لایه طراحی غیر فعال به درصد

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوییه	ژوئن	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سال
قبل تابش ٪	–	–	–	۱۲	۳۲	۵	۲	۰/۵	۹	۲۵	۱۰	–	۹
بعد تابش ٪	۲	۵	۱۵	۸۵	۷۲	۳۲	۲۵	۳۵	۶۵	۷۰	۴۵	۱۵	۴۰

منبع: محاسبات پژوهش حاضر، ۹۸



شکل ۱۸- تکنیک‌های غیر فعال تابشی در محدوده پژوهش، ۹۸



شکل ۱۹- شاخص تاب‌آوری اقلیمی، سازگاری غیر فعال در محدوده پژوهش، ۹۸

نتیجه گیری

با توجه به یافته‌های پژوهش و داده‌های موجود، جداول و خروجی نرم‌افزار با یافته‌های جدید در محدوده پژوهش، بررسی عناصر اقلیمی نشان می‌دهد طی دوره آماری(۱۳۶۴-۱۳۹۸) مجموع تابش سالانه ۱۸۸۳,۲ ساعت، متوسط دمای سالانه ۱۶/۵ درجه سانتیگراد، متوسط رطوبت نسبی ۸۱ درصد، متوسط سرعت باد ۱/۴ متر بر ثانیه و تعداد یخبندان هم ۵ روز است. بررسی نتایج تحلیل حرارتی در محدوده پژوهش یک ارتباط ساختاری بین ساختمان و جرم حرارتی بنا با میزان چرخش ساختمان به سمت جنوب و جنوب غربی نشان می‌دهد که موجب افزایش کارکرد حرارتی ساختمان در فضای داخلی است. تاب‌آوری اقلیمی منطقه از نوع استراتژی سازگاری اقلیمی غیر فعال با شیب رگرسیون ۰/۹۳ که مقدار عددی تاب‌آوری اقلیمی ساختمان منطقه است و در تغییرات اقلیمی، قدرت بازگشت به حالت اولیه را دارد. این شاخص نشان می‌دهد بهترین نوع ساختمان همان ساختمان‌های سازگار با اقلیم منطقه هستند که تا ۹۳ درصد تاب‌آوری اقلیمی در آنها به وسیله مصالح معماری

بومی، جهت مناسب، پنجره‌ها و بازشوها در همه جهات ساختمان، ارتفاع از سطح زمین وجود دارد و موجب آسایش اقلیمی در ساختمان برای ساکنین آن است. برای تهویه در ساختمان، جهت پنجره در ساختمان بسیار مهم است. در محدوده تحقیق میزان انطباق تهویه و دما برای تعویض هوای مصرف شده ۲/۲۱ وات بر متر مربع در ساعت بوده که با استفاده از پنجره‌ها و مبدل‌های حرارتی صورت می‌گیرد. ضریب تابش ۵۰۰ وات بر متر مربع است. چگالی تابش روزانه ۷۹ درصد بر ساختمان است که میزان دامنه تابش مستقیم بر ساختمان ۲/۵ درصد می‌باشد. مناسب‌ترین دریافت نور روزانه از جهات جنوبی، جنوب شرقی و شرقی و نامناسب‌ترین جهت هم غربی است که به دلیل شدت تابش در هنگام غروب با کاهش ارتفاع روزانه تابش است. مقدار ضریب جذب سایبان برای ایجاد سایبان در جبهه جنوبی ۰٫۸۷ درصد است. با توجه به جهت تابش بهینه و شدت آن چند نتیجه حاصل شده است؛ ۱- برای ایجاد بهترین شرایط گرمایی در داخل ساختمان (گرم در زمستان و خنک در تابستان) لازم است نمای بنا رو به جنوب باشد. ۲- نماهای جنوب‌شرقی و جنوب‌غربی گرچه در دریافت تابش منظم‌تر هستند ولی در زمستان سردتر از نمای جنوبی می‌باشند. ۳- نماهای شرقی و غربی در تابستان، گرم‌تر و در زمستان سردتر از نماهای جنوبی و جنوب‌شرقی می‌شوند. که برای تاب‌آوری اقلیمی آن، رنگ نمای ساختمان بسیار اهمیت داشته و موجب افزایش یا کاهش تنش گرمایی می‌شود. لذا در جهت جنوبی روشن و در جهات دیگر تلفیقی از رنگ‌های تیره به دلیل افزایش جذب تابش در فصول سرد سال می‌باشد. برای دست‌یابی بهتر به آسایش اقلیمی در ساختمان با تاب‌آورکردن بنا از نوع سازگاری اقلیمی، شش تکنیک طراحی برای این مهم ارائه شده که شامل؛ توده حرارتی ، برودت تبخیری مستقیم و غیر مستقیم،گرمایش غیر فعال تابشی، تهویه شبانه و تهویه طبیعی است. کاربرد پنجره با شیشه‌های ساده و روشن در قسمت‌های جنوبی وشرقی، موجب افزایش بار حرارتی و نورگیری بیشتر ساختمان‌ها می‌شود.

استقرار ساختمان در جهات جنوب‌غربی، شمال‌شرقی، شرق و جنوب‌شرقی موجب تاب‌آوری اقلیمی و یک طراحی اقلیمی پایدار در منطقه شده که با طراحی فضاهای مسکونی مجهز به سیستم نمای هوشمند، نما و سقف خورشیدی با استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک با زاویه شیب ۴۶ تا ۵۱ درجه به سمت جنوب و جنوب غربی، ۷۱ درصد از انرژی گرمایی ساختمان تأمین می‌شود .

بحث

محققان از تاب‌آوری اقلیمی به‌عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری بهتر در مخاطرات طبیعی، توانمند کردن زیرساخت‌ها، نوآوری در فرایند حاکمیت شهری در مقابله با حوادث ناشی از تغییر اقلیم، بهبود انرژی و کاهش آن در ساختمان با استفاده از استراتژی سازگاری با روش‌های تحقیقی مختلف استفاده کردند که خوشبختانه نتایج متقنی از آنها استخراج شد. در پژوهش حاضر علاوه بر ابزار اکوتکت که برای ارائه نمودارهای حرارتی در ساختمان با تحلیل دما، تهویه، شاخص سازگاری استفاده شد از داده‌های سینوپتیکی هم برای ارائه نتایج بهتر و دقیق‌تر استفاده شده است. این پژوهش در مقایسه با کار پژوهشی فرناندز و همکاران (۲۰۱۹) که به تاب‌آوری اقلیمی شهر پرداختند، محدوده مسکونی را مورد تحلیل و ارزیابی قرار داده است. در مقایسه با مطالعه لویی و وانگ (۲۰۱۹) در شهر وایدونگ هم‌ارز با آنها پژوهش شده است با این تفاوت که آنها علاوه بر اکوتکت از نرم‌افزار مشاوره اقلیمی استفاده کردند که در پژوهش حاضر این فقدان وجود دارد. در پژوهش‌های آتی علاوه بر نرم افزار حاضر از نرم افزار مشاوره اقلیمی و دیزاین بیلدر نیز استفاده گردد. منافلویان و همکاران (۱۳۹۸) در سنجش تاب‌آوری اقلیمی در شهر تبریز بر روی عوامل انسانی و کالبدی مطالعه کردند ولی این پژوهش در حوزه طبیعی قدم نهاده است. مدیری و همکاران (۱۳۹۱) بر روی بهترین جهت استقرار ساختمان بر اساس تابش در شهر گرگان معتقد بودند جهات جنوبی و جنوب‌غربی بهترین دریافت تابش را دارد که در پژوهش حاضر علاوه بر جهات جنوبی و جنوب‌غربی، جهات شرقی و جنوب‌شرقی نیز بهترین دریافت تابش را دارد و تاب‌آوری اقلیمی در این جهات برای آسایش اقلیمی لازم است. پیر محمدی و رفیعی(۱۳۹۴) نیز هدف از طراحی اقلیمی را کاهش اتلاف

انرژی بیان کردند که در پژوهش حاضر تاب‌آوری اقلیمی ساختمان منجر به کاهش اتلاف انرژی و یک طراحی اقلیمی پایدار در ساختمان‌های محدوده پژوهش می‌شود.

منابع

۱- برزگر زهرا، حیدری، شاهین، (۱۳۹۲)، بررسی تابش دریافتی خورشید در بدنه‌های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی، نمونه موردی: جهت جنوب‌شرقی جنوب‌غربی شهر شیراز، نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، دوره ۱۸، شماره ۱ بهار ۹۲، صص ۵۶-۴۵

۲- پیرمحمدی محمد، وحید رفیعی(۱۳۹۴)، تأثیر عوامل اقلیمی در طراحی ساختمان و راه رسیدن به طراحی پایدار، همایش ملی عمران و معماری با رویکردی به توسعه پایدار- مرداد ۱۳۹۴

۳- زمردیان، محمد جعفر،(۱۳۸۶)، کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی، انتشارات پیام نور، چاپ ششم، سال ۱۳۸۶

۴- مدیری مهدی، سمیه ذهاب ناظوری، زهرا علی بخشی، حمیده افشار منش و محمد عباسی(۱۳۹۱)، بررسی جهت مناسب استقرار ساختمان ها براساس تابش آفتاب و جهت باد مطالعه موردی: شهر گرگان، فصلنامه علمی- پژوهشی جغرافیا(برنامه‌ریزی منطقه‌ای) شماره ۲ بهار ۹۱ صص ۱۴۱-۱۵۶.

۵- مرادی، ساسان(۱۳۹۲)، تنظیم شرایط محیطی، ویرایش سوم، چاپ نهم، پائیز ۹۲، انتشارات آرمانشهر.

۶- ملاصالحی ودیعه و هومن شمالی(۱۳۹۳) بررسی ویژگی‌های معماری و اقلیمی شهرهای ساحلی دریای خزر با رویکرد اکولوژی نمونه موردی شهر نور، دومین همایش ملی معماری، مرمت شهرسازی و محیط زیست پایدار ، ۹۳.

۷- منافلویان ساناز، زهرا سادات سعیده زرآبادی، مصطفی بهزادفر (۱۳۹۸)، سنجش عوامل مؤثر بر تاب آوری اقلیمی (نمونه موردی: شهر تبریز)، فصلنامه نگرش های نو در جغرافیای انسانی سال دوازدهم زمستان ۱۳۹۸ شماره ۱ ، دوره ۴۵، صص۵۰۹-۵۲۵.

8- AAY Freewan (2019), Advances in Passive Cooling Design: An Integrated Design Approach, Zero and Net Zero Energy, 2019 - intechopen.com

9- Burnard.MichaelD,Anders.Q. Nyrud, Kristian Bysheim, Anderja kutnar, Katja Vahtikari and, Mark Hughes (2015), Building material naturalness: perceptions from finland, norvey, & Slovenia,indoor & Built environment ,0(0),1-16

10- Mavrogianni Anna ,Paul Wilkinson, Michael Davies, Phillip Biddulph, Eleni Oikonomou, Building characteristics as determinants of propensity to high indoor summertemperatures in London dwellings, (2012) journal homepage: www.elsevier.com/locate/buildenv , Building and Environment 55 (2012) 117e13

11- C2ES (2019),center for climate and energy soiution climate essentials, what is climate resilience and why does it matter

12-https://www.eesi.org/topics/solar/ description, 2019

13- Lee Tae Cheol,Takashi Asawa, Hidenori Kawai, Rihitu Sato, Yukari Hirayama, Isamu Ohta, (2017), Multipoint measurement method for air temperature in outdoor space and application to microclimate and passive cooling studies for a house, Building& environment 114(2017) 267-280

14- Liu. Siqi, Jing Wang (2019), Climatic Adaptability Design Strategy of Residential Zones, based on Climate Consultant and Ecotect Analysis-- Taking Weidong New Town Community as an Example, 2019 International Conference on Oil & Gas Engineering and Geological Sciences IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 384 (2019) 012017 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/384/1/012017

15- Liu Lin,ZhuangYu, Hui Zhang (2017), Simulation study of an innovative ventilated facade utilizing indoor exhaust air, International Conference on Improving Residential Energy Efficiency, IREE 2017,Energy procedia 121(2017) 126-133

16- Palmero-Marrero, Ricardo Pinheiro and Armando C. Oliveira CIENER(2019) Energy assessment of the implementation of renewable energies in a Portuguese household Corresponding author: apalmero@fe.up.pt Ana I /INEGI, University of Porto 18-FEUP, Rua Dr Roberto Frias, 4200-465, Porto, Portugal A

17-Williams College Team,(2019) Observes Solar Eclipse in Chile

18- www.renewable energy Guide,2019.