صص ۹۷-۷۷

تحلیل حرارتی سایت ساختمان‌های ساحلی با راهبرد طراحی تاب‌آوری اقلیمی مطالعه موردی: شهر ساحلی نور

فاطمه طاهری
دانشجوی دکتری آب و هواشناسی شهری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
شهریار خالدی*
استاد گروه جغرافیا، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
رضا برنا
دانشیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۲۱

چکیده

ساختمان‌های ساحلی همواره در معرض آسیب‌پذیری با امواج، رطوبت و خوردگی می‌باشند که تاب‌آوری آن‌ها نقش مهمی در کاهش این آسیب‌ها دارد. تاب‌آوری اقلیمی با یک استراتژی جامع و سازگار توانایی کاهش خطر را در فرایند طراحی سایت و فیزیک ساختمان داشته و به بهبود تصمیم‌گیری‌ها در واکنش‌های اضطراری کمک می‌کند. این پژوهش از نظر هدف در گروه پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد و با توجه به داده و مدل خروجی، از لحاظ روش اجرا در زمره تحقیق پژوهشی[1] قرار دارد. یافته‌های پژوهش در محدوده ساحلی نور با نرم‌افزار اکوتکت نشان می‌دهد، تاب‌آوری محدوده پژوهش از نوع سازگاری با ضریب ۰/۹۴ است که بیانگر تاب‌آوری اقلیمی ساختمان در بحران‌های اقلیمی است. این ضریب با نوع و جهت سایت متفاوت و کمتر از یک است. ضریب تهویه برای تعویض هوای مصرف شده ۲/۲۴ وات بر مترمربع در ساعت می‌باشد. شاخص بار حرارتی برای تعیین کنترل انرژی در ساختمان ۱۵/۵ و بار برودتی ۲۱ درجه سانتی‌گراد است. برای افزایش تاب‌آوری اقلیمی ساختمان، طراحی غیرفعال جرم حرارتی با زمان تأخیر کمتر، پنجره‌های بخش جنوبی و شرقی برای افزایش بار حرارتی در زمستان و پنجره‌های شمالی و غربی برای ایجاد تهویه طبیعی و افزایش بار برودتی در تابستان پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: **استراتژی تاب‌آوری اقلیمی، تحلیل حرارتی، تغییر اقلیم، شهرهای ساحلی**

مقدمه

ساختمان‌های ساحلی همواره در خط مقدم برخورد با اثرات اقلیمی ناشی از تغییر اقلیم قرار دارند و با آسیب‌های جدی از جمله بالا آمدن سطح دریا، طوفان‌ها، هاریکن‌ها و خوردگی با آب‌شور، فرسایش ساحلی و فرونشینی ناشی از ساخت‌وسازهای ساحلی از ۶ تا ۱۰۰ میلی‌متر در سال روبرو هستند (Erkens et. al, 2015: 23) که تأثیرات منفی آن بر مردم، اقتصاد،

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۲٤٥۷۱۲۸۲ Email: shahriar_khaledi6@yahoo.com

1-Investigative

اکوسیستم، دارایی، بهداشت و معیشت بسیار گسترده است. ابتکار برای ایجاد اقلیم هوشمند، تاب‌آور و شهرهای قابل زیست با سازگاری اقلیمی بالا در مقابل اثرات تغییر اقلیم در حال و آینده در مسیر این موفقیت جهانی مؤثر و کارآمد است (UNFCCC, 2015: 1).

در سال ۲۰۱۹ هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم سازمان ملل در گزارشی اعلام کرد ۶۸۰ میلیون نفر از مردم جهان در شهرهای ساحلی زندگی می‌کنند (IPCC, 2019: 1)[1] و برای پاسخگویی به نیازهای این جمعیت در حال رشد، طراحی زیر ساخت‌ها و توسعه تاب‌آوری اقلیمی مسیر موفقیت یا عدم موفقیت جهانی را مشخص می‌کند این شهرها مستقیماً تحت تأثیر حوادث شدید ساحلی قرار داشته که برای آماده‌سازی آن‌ها، توسعه گزینه‌های سازگار در طراحی سایت برای کاهش تهدیدات برگشت پذیر ضروری است. (Sinay & Carter, 2019: 1) .در حقیقت، تغییر اقلیم در شکل دقیق‌تر، محیط ساختمان را با بسیاری از چالش‌های جدید و اتفاقات جدی روبه‌رو می‌کند و با ارائه راهبردهای طراحی در زمینه سایت‌های مختلف می‌تواند ساختمان تاب‌آورتر را در برابر حوادث و اثرات آن ایجاد کند. تاب‌آوری اقلیمی ساختمان، در زمینه محیط ساختمان و به معنای، ترکیب طراحی یک ساختمان، با ویژگی‌های خاص است که اجازه می‌دهد توانایی یک ساختمان و عملکرد آن در برابر تنش‌های زیست‌محیطی تحمیل شده توسط تغییرات اقلیمی نشان داده شود (Alfaridi & Boussabain, 2015: 23) و تأکید زیادی بر ظرفیت سیستم با رویکرد بهبود و ضعیت موجود و انتقال به حالت اولیه دارد. (Maybeck et. al, 2012: 1) تاب‌آوری اقلیمی پاسخی هوشمندانه در برابر مشکلات پیچیده اقلیمی است که در فرایند آن داده‌های سایت با هدف کاهش خطر و قدرت بازگشت بعد از یک فاجعهٔ اقلیمی، تحلیل شده و بر تقویت تاب‌آوری فیزیکی ساختمان و پایداری آن در موقعیت‌های اضطراری تأکید می‌کند (Rajkovich & Okour, 2019: 4). هدف تاب‌آوری اقلیمی ساختمان، رسیدن به تاب‌آوری برای کاهش اثرات تغییر اقلیم و دست‌یابی به سازگاری در آینده است که به سه حالت طراحی می‌شود، حالت اول، ممکن است در حال حاضر سازگار باشد اما تاب‌آوری لازم را برای آینده نداشته باشد. حالت دوم، احتمال دارد در حال حاضر تاب‌آوری داشته باشد اما سازگاری مورد نظر را برای آینده نداشته باشد. حالت سوم، در حال حاضر تاب‌آوری اقلیمی و سازگاری دارد و برای آینده نیز چنین است (Dave et al, 2012: 6). با وجود این سه حالت طراحی؛ پژوهش‌های اخیر نشان داده از نظر اقتصادی و فن‌آوری، تاب‌آوری صددرصدی برای ساختمان‌ها غیر ممکن و در بسیاری از ساختمان‌ها سناریوهای اقلیمی مطابق دلخواه نمی‌شود ولی می‌توان آن‌ها را با استراتژی سازگار در برابر خطرات پیش‌بینی شده اقلیمی محافظت کرد (Stiven & Rajkovich, 2019: 1).

استراتژی سازگار تأثیر زیادی در طراحی پروژه‌های شهری و کاهش اثر تغییر اقلیم در شهرهای ساحلی دارد (Wilson, 2019: 1) . طراحی داخلی با اقدامات ساختاری مناسب، شرایط را برای استراتژی سازگار فراهم می‌کند و چشم‌انداز مناسبی برای پاسخگویی به شرایط نامطمئن آینده است (Lacy, 2018: 6). طراحی ساختار، قسمت‌های مورد استفاده آینده و نحوه سازگاری آن را (Dave et al, 2012 :6) با عملکرد درونی و بیرونی سیستم ساختمان، مصالح و فوندا سیون‌ها،

[1]. Intergovernmental Panel on Climate Change

برای دســـتیابی به الگوی پایدار مورد توجه قرارمی‌دهد (Bellinson & chu, 2018: 2) . با عملیات تاب‌آوری، ظرفیت موجود ساختمان در یک فرایند سازگار و خط سیر عملکردی مثبت با هدف کاهش بخشی اثر مخاطرات بر بهبود فعالیت‌ها در تغییرات اقلیمی، پیش‌بینی و ارزیابی می‌شود و با اولویت‌بندی سیستم‌ها و مؤلفه‌های موجود، استانداردهای ساختمان را با کنترل عناصر اقلیمی افزایش می‌دهد (NYC, 2019: 15). این نگاه استراتژی به مفهوم ساختمان، آن را یک سیستم در لایه‌های متمرکز با طول عمر مختلف، به شکل یکشی ایستا و تاب‌آور با ساختار پایدار معرفی کرده است (Alfraidi & Boussabani, 2015: 23). طراحی اقلیمی ســایت دو هدف را پیگیری می‌کند نخســت اســتفاده بهینه از انرژی‌های تجدید پذیر برای افزایش راندمان انرژی، کنترل رطوبت و تهویه در ساختمان. دوم، آسایش حرارتی در ساختمان است.

مهم‌ترین اقدام در طراحی سایت شهرهای ساحلی، شناخت دقیق ویژگی‌های اقلیمی و پارامترهای محیطی این نواحی است تا پاسخگوی شرایط موجود باشد و با تحلیلی آگاهانه به یک تصمیم منطقی در طراحی اقلیمی با هدف کاهش ریسک در آینده دست یابد. از این‌رو؛ نخستین گام، شناخت وضعیت عناصر اقلیمی برای تحلیل حرارتی سایت با راهبرد تاب‌آوری اقلیمی برای یک طرح سازگار با اقلیم که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر سایت مؤثر باشد و سایت بر اساس آن، طراحی، تحلیل و اجرا شود.

این پژوهش باهدف، تحلیل حرارتی ســایت ســاختمان‌های ســاحلی برای طراحی اقلیمی با راهبرد تاب‌آوری اقلیمی و گزینه ســـازگاری اقلیمی در شـــهر ســـاحلی نور، به بررســـی ابعاد تحلیل حرارتی در ســـاختمان‌های محدوده پژوهش با راهبردهای تاب‌آوری اقلیمی از جمله تحلیل ســـازگاری، تعیین ضـــریب حرارتی مصـــالح برای انطباق دما و تهویه در ساختمان، تأثیر نوع پوشش سقف در تحلیل حرارتی بنا و تعیین بار حرارتی ساختمان برای کنترل مقدار انرژی مصرفی در ساختمان، بپردازد. از این‌رو با جستاری در مطالعات پژوهشگران در زمینه پژوهشی حاضر به ارائه دیدگاه‌های آن‌ها پرداخته تا راه روشن‌تری در مسیر پژوهش حاضر داشته باشد.

پیرمحمدی و رفیعی (۱۳۹۴) در مقاله‌ای به تأثیر عوامل اقلیمی در طراحی ساختمان و راه رسیدن به طراحی پایدار در طراحی اقلیمی نواحی مختلف ایران پرداختند. در این مقاله هدف از طراحی اقلیمی را کاهش اتلاف انرژی در ساختمان ذکر کردند. ادوارد گارنیر و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان" ابزار تاب‌آوری اقلیمی دولت فدرال آمریکا: شواهدی از پیشرفت" از روش میدانی و جمع‌آوری داده‌ها توسط کاربران با هدف توجه به تاب‌آوری اقلیمی در مخاطرات اقلیمی و تصمیم‌گیری بهتر دولت فدرال برای آن استفاده شد که نتایج پژوهش رابطه معناداری از مراحل تاب‌آوری اقلیمی که شامل مدیریت ریسک، تصمیم‌گیری در ارتباط با مخاطرات اقلیمی، خطرات ساختار سایت و پشتیبانی و تعامل با کاربران، مدیران و تصمیم‌گیرندگان نهایی نشان داد. فرناندز و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان راهنمایی برای تاب‌آوری اقلیمی شهرها با رویکرد زیرساخت‌های بحرانی شهری، به توانمند کردن زیرساخت‌ها در ارتباط با تغییر اقلیم و تاب‌آوری شهری تأکید کردند و مراحل تاب‌آوری اقلیمی ساختمان و استراتژی‌ها را در سه سطح بیان کردند که عبارتنداز؛ ارزیابی کیفی تاب‌آوری اقلیمی شهر در زمینه تغییر اقلیم، درک اثرات کوتاه مدت، میان‌مدت و بلندمدت و در نهایت سیاست‌هایی که موجب افزایش تاب‌آوری در شهر می‌شد را یادآوری کردند. بلینگ سون و چاوو (۲۰۱۹) بر روی روش‌های نوین مطالعه در تاب‌آوری تغییر اقلیم شهری و سازگاری، به مدل‌های نوآوری در مدیریت شهری و فرایندهای حاکمیت شهری به این نتیجه رسیدند که در داخل شهرها زمینه‌ها و فرصت‌هایی برای ایجاد تاب‌آوری

شهری وجود دارد. لویی و وانگ (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان، استراتژی طراحی سازگاری اقلیمی مناطق مسکونی مبتنی بر نرم‌افزار مشاوره اقلیمی و اکوتک ۲۰۱۰ 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 در این فضا رسید.

با توجه به وضعیت موجود طراحی سایت در محدوده پژوهش، یک دگردیسی طراحی در این محدوده در حال وقوع است و بعضاً به سمت یک طراحی غیر اقلیمی و بومی کشیده می‌شود و یک درهم تنیدگی معماری را در منطقه ایجاد کرده که اصولاً غیر منطقی به نظر می‌رسد و ممکن است تاب‌آوری اقلیمی مورد نظر را در آینده نداشته باشد و خساراتی در بحران‌های اقلیمی آینده برای این دسته از ساختمان‌ها فراهم شود. لذا، ارائه راهبردهای تاب‌آوری اقلیمی در طراحی سایت ساختمان‌های ساحلی با تحلیل حرارتی ساختمان برای تعیین سازگاری اقلیمی از طریق تعین بار حرارتی ساختمان، هدف کاربردی پژوهش است.

داده‌ها و روش‌ها

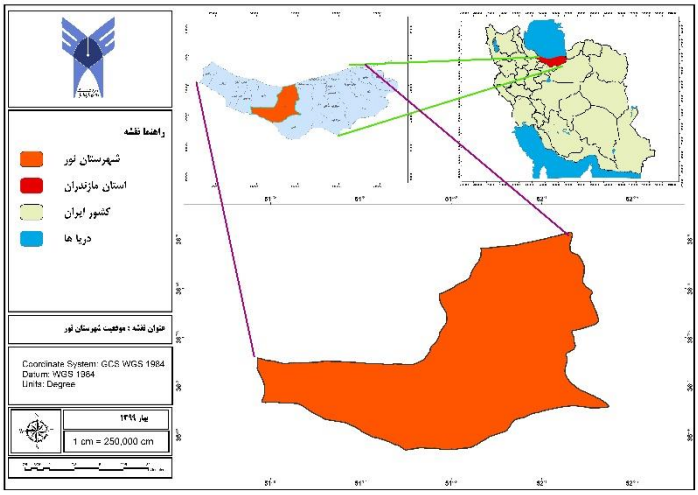
جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش بر اساس اطلاعات سینوپتیکی در بازه زمانی (۱۳۹۸-۱۳۶۴) استواراست که برای تحلیل حرارتی سایت ساختمان از نرم‌افزار اکوتکت ۲۰۱۱ استفاده شده است که امکان تحلیل حرارتی و شبیه‌سازی را دارد (مدی، ۹۰: ۱). اکوتکت یک نرم‌افزار جامع تجزیه تحلیل محیط‌زیست بوده که توسط اتودسک تهیه شده و 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 به‌طور مستقیم عملکرد محیطی مختلف ساختمان را منعکس می‌کند (Liu& Wang,2019:3). این پژوهش از نظر هدف در گروه پژوهش‌های کاربردی قرار دارد. با توجه به داده و مدل که حاصل آن یافته‌های جدید است از لحاظ اجرا پژوهشی[1] است. معیار انتخاب شهر ساحلی نور برای پژوهش، ارائه طراحی تاب‌آوری اقلیمی در ساختمان برای کنترل بهتر انرژی در ساختمان با روش‌های غیرفعال برای آ سایش حرارتی و تعیین بار حرارتی برای کنترل انرژی و افزایش راندمان آن و طراحی سایت سازگار در محدوده پژوهش است که نتایج یافته‌ها به‌صورت جداول و نمودارها ارائه و مورد تحلیل و بررسی قرارگرفته است.

معرفی محدوده پژوهش

شهر ستان نور با موقعیت مکانی بین ۳۶ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۹- متر از سطح دریاهای آزاد، یکی از ۲۲ شهرستان استان مازندران با وسعت ۲۶۷۵ کیلومتر مربع بوده، سومین شهرستان این استان از نظر وسعت، که در غرب آن واقع است. از شمال به دریای مازندران با طول

1-Investigative

۲۸ کیلومتر، از جنوب به کوه‌های شمیرانات و کرج از شرق به آمل و شمال شرق به محمودآباد از غرب به نوشهر متصل است (ملاصالحی و شمالی، ۹۳: ۱) (شکل ۱). از نظر اقلیمی دارای آب‌وهوای معتدل مرطوب با میانگین بارش، ۱۲۸۹ میلی‌متر، تعداد ساعات آفتابی ۱۸۸۴، میانگین دما ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۸۱ درصد و سرعت باد ۱/۴ متر بر ثانیه در یک دوره آماری (۱۳۹۸-۱۳۶۴) است. (جدول ۱)



مأخذ: نگارندگان، ۹۸

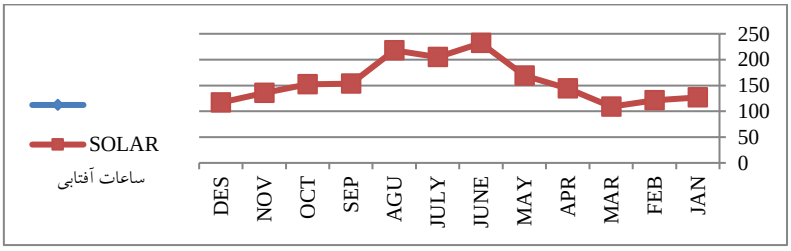
شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی نور

جدول ۱: عناصر جوی محدوده پژوهش (۱۳۶۴-۱۳۹۸)

مجموع تابش سالانه (ساعت)	میانگین دما c°	میانگین‌بارش mm	میانگین رطوبت نسبی٪	میانگین سرعت باد m/s	تعداد یخبندان (روز)
۱۸۸۴	۱۶/۵	۱۲۸۹	٪۸۱	۱/۴	۵

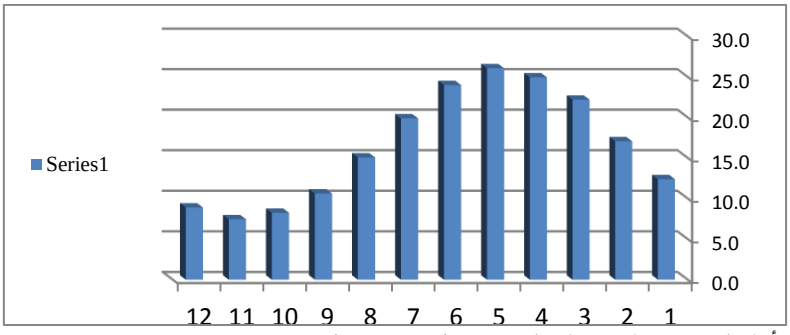
مأخذ: داده‌های جوی ایستگاه سینوپتیک نوشهر

بیشترین میزان تابش فصلی در تابستان با ۷۱۸ ساعت و کمترین میزان آن در زمستان با ۳۷۱ ساعت است. (شکل ۲) از نظر دمایی بیشترین دمای منطقه در ماه مرداد با ۲۹/۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین آن در بهمن با ۴ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد. دو عنصر اقلیمی دما و تابش نقش مهمی در تحلیل حرارتی ساختمان و طراحی تاب‌آوری اقلیمی آن ایفا می‌کند. (شکل ۳).



مأخذ: نگارندگان، داده‌های ایستگاه نوشهر (۱۳۹۸-۱۳۶۴)

شکل ۲: تابش ماهانه محدوده پژوهش

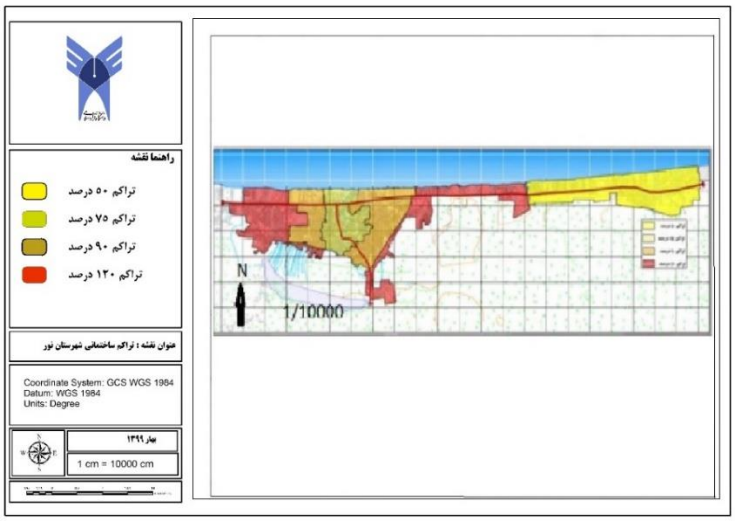


مأخذ: نگارندگان، داده‌های ایستگاه نوشهر (۱۳۹۸-۱۳۶۴)

شکل ۳: میانگین دمای ماهانه محدوده پژوهش

داده‌های مسکونی در محدوده پژوهش از نظر بافت و تراکم به چهار بخش تقسیم می‌شود. اغلب این ساختمان‌ها در ۲ طبقه ساخته شده است که علت آن ساحلی بودن شهر با رطوبت بالای ۸۰ درصد در اغلب سال است (شکل ۴).

- بافت قدیم در محدوده مرکزی شهر با تراکم ۷۵ درصد؛
- بافت میانی در محدوده جنوب شرقی و جنوب غربی شهر با تراکم ساختمانی ۹۰ درصد؛
- بافت جدید در محدوده جنوبی، شرقی و غربی شهر با تراکم ساختمانی ۱۲۰ درصد؛
- بافت روستایی (رستمرود) نور که از سال ۱۳۹۶ به آن الحاق شده با تراکم ساختمانی ۵۰ درصد.



مأخذ: نگارندگان، اداره آمار سازمان برنامه بودجه استان مازندران

شکل ۴: عرصه‌های مسکونی شهر نور

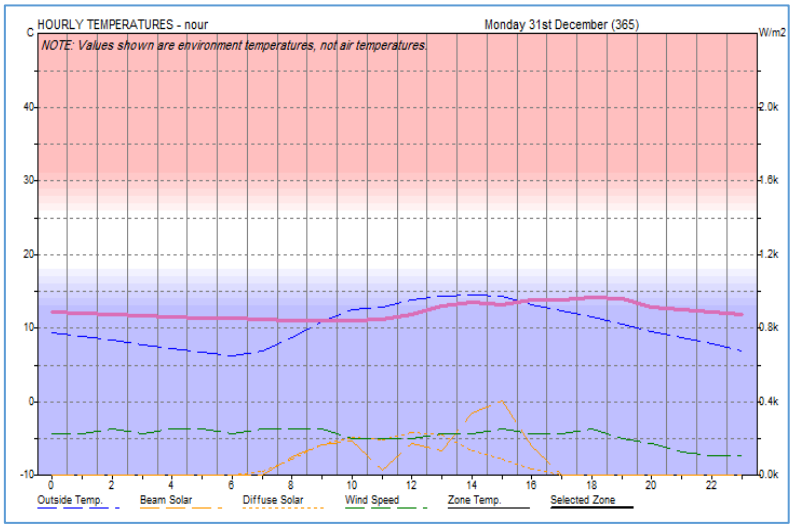
یافته‌های پژوهش

به‌منظور به د ست آوردن تاب‌آوری اقلیمی در طراحی سایت ساختمان در محدوده پژوهش علاوه بر داده‌های اخذ شده از ایستگاه هوا شنا سی (۱۳۹۸-۱۳۶۴) در مقیاس سالانه، ساختمان‌های محدوده بافت ساحلی شهر نیز به‌عنوان داده‌های

پژوهش مد نظر قرار داده شد و رفتار حرارتی این ساختمان‌ها در نرم‌افزار اکوتکت ۲۰۱۱ مورد تجزیه تحلیل قرارگرفت و نتایج حاصل به‌صورت جداول و اشکال ارائه شده است.

تحلیل حرارتی دمای داخلی ساختمان

عملکرد هم‌جواری فضاها و سایه‌اندازی محیطی با هرگونه تغییر کالبدی در بنا با استراتژی سازگار (شکل ۵) نشان می دهد. بار حرارتی در فضای داخلی ساختمان‌های محدوده بافت، نتیجه تعامل دمای ساختمان با محیط اطراف آن به علت تابش است. اغلب جهت سایت در محدوده مورد نظر جنوبی و شرقی است. انرژی دریافتی در زمستان در ساعات اوج تابش از طریق بازشوهای جنوبی صرف گرم شدن فضای داخلی و ذخیره آن می‌شود. این انرژی از طریق انتقال هدایتی و سپس همرفتی دیوارهای میانی، منتقل و موجب کاهش هدر رفت انرژی در ساختمان و گسترش محدوده آسایش در فضای داخلی ساختمان می شود. در ماه خرداد کمترین بار حرارتی از جبهه جنوبی است و در ساعات اوج تابش اتاق‌های جنوبی در محدوده آسایش قرار دارند. دمای آسایش بر اساس کاربری فضا، نوع پوشش و فعالیت افراد، قابل تغییر است. مؤثرترین راه کاهش تبادل حرارتی داخل و محیط بیرونی ساختمان محدوده پژوهش در ساعات برودتی دمای سالانه ایجاد عایق حرارتی در بدنه دیوارهای خارجی و بام ساختمان است.



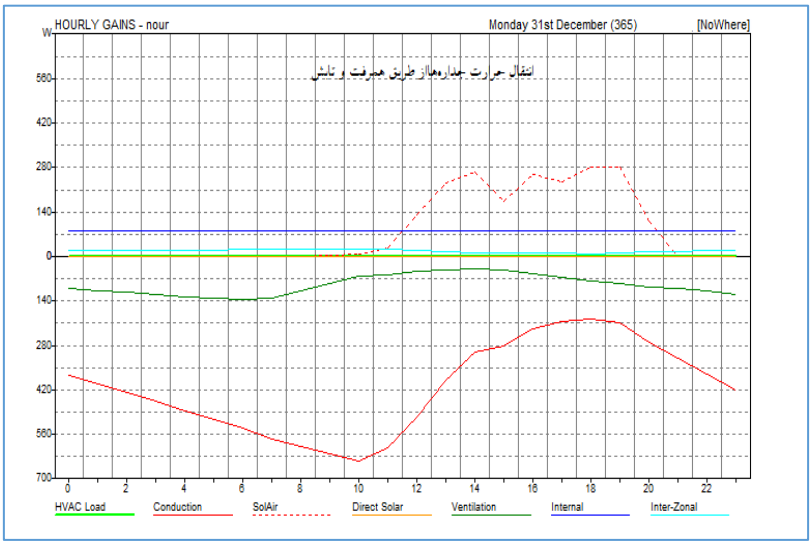
مأخذ: نگارندگان،۹۸

شکل ۵: محاسبه دمای داخل و بیرون ساختمان

تحلیل حرارتی میزان جذب و اتلاف حرارت در ساختمان

در محدوده پژوهش روند جذب حرارتی و عوامل مؤثر در افزایش یا کاهش حرارت و تأثیر نسبی هر یک از منابع و مولدهای حرارتی در ساختمان مانند پنجره‌ها، در هر ساعت از روز و در طول ماه‌های سال برای جذب مستقیم و غیرمستقیم تابش موجب جذب تهویه‌ای در فضای داخلی ساختمان‌ها می شود، همچنین ویژگی‌های ساختاری، هندسه و

جرم حرارتی دیوارها با میزان تأثیر چرخش ساختمان بر میزان جذب انرژی در سطوح با عوامل محیطی ارتباط دارد. بار حرارتی غالب در طول روز (خط آبی کم‌رنگ) ناشی از تأثیر زاویه عمودی خورشید بر ساختمان است که موجب افزایش دمای بیرونی بنا و هدایت آن از طریق ظرفیت حرارتی مصالح به فضای داخلی ساختمان می‌شود. هنگام غروب با کاهش زاویه تابش بر ساختمان انرژی ذخیره شده در زمین اطراف بنا باعث می شود دمای هوای اطراف ساختمان بعد از غروب آفتاب به‌سرعت کاسته نشود و از طریق انرژی تشعشعی (زمین‌تاب) منتشر شود. خط آبی محدوده دمای داخلی را نشان می‌دهد. جریان هوای مطلوب با ایجاد پنجره‌هایی در فضای داخلی موجب تهویه (خط سبز) در ساعات ۱۰–۱۶ و افزایش محدوده آسایش می‌شود. شکل (۶) استراتژی تاب‌آوری اقلیمی در طراحی عملیات را در محدوده پژوهش نشان می‌دهد.



مأخذ: نگارندگان، ۹۸

شکل ۶: میزان جذب و اتلاف حرارتی در بنا

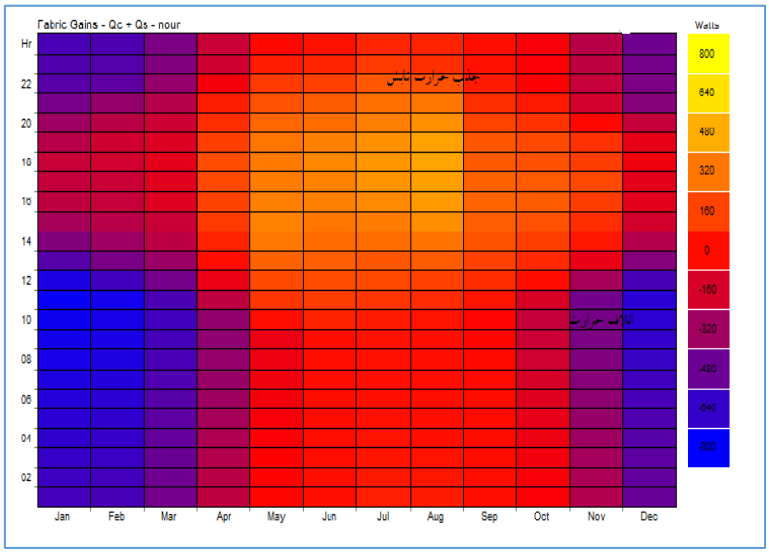
تحلیل میانگین جذب حرارتی سالانه

همان‌طور که در شکل (۷ و ۸) در محدوده پژوهش نشان می‌دهد تبادل حرارتی که از طریق انتقال هدایتی سازۀ ساختمان و به‌واسطه اختلاف دمای داخل و خارج بنا اتفاق می‌افتد، موجب افزایش دمای داخل در طول روز و انتقال حرارتی و کاهش دما در طول شب می شود که با نوع مصالح لایه‌های دیوار، سقف‌های مجاور به محیط با ضریب هدایتی کمتر، این عامل کنترل می‌شود. (شکل ۷) در طول روز جرم حرارتی سطوح مختلف ساختمان در ذخیره‌سازی انرژی اهمیت شایانی برآسایش حرارتی دارد. در (شکل ۸) بیشترین انتقال حرارت از محیط ساختمان، در ماه‌های دسامبر، ژانویه و مارس و بیشترین جذب حرارت نیز در ماه‌های می تا آگوست که شدت جذب تابش در آگوست در ساعات ۱۴–۱۸ است. جذب حرارت در ساختمان به‌واسطه دماهای محیطی و تابش دریافتی از خورشید است. برای کاهش اثر تابش تابستانی، راهکار طراحی اقلیمی برای تاب‌آوری اقلیمی ساختمان، احداث رواق یا ایوان‌هایی در ضلع شرقی و شمالی است که جذب حرارت تابش را حتی در زمستان به خاطر ارتفاع کم

خور شید به خطر نمی‌اندازد. برای نگهدا شت گرمای داخلی، دیوارهای با جرم حرارتی در مجاورت ف ضای داخلی، توانایی ذخیره حرارت ا ضافی روزانه نا شی از تابش خور شیدی را دارد و در طول شب صرف تعدیل و ثبات دمای هوای داخل بنا می شود. دیوارها و سقف‌ها با ضخامت کافی توانایی سرعت انتقال جریان حرارتی و کنترل و تعدیل دمای تابستان را دارد.

مأخذ: نگارندگان، ۹۸

شکل ۷: جهت جنوبی ساختمان در سایت با سقف سفالی



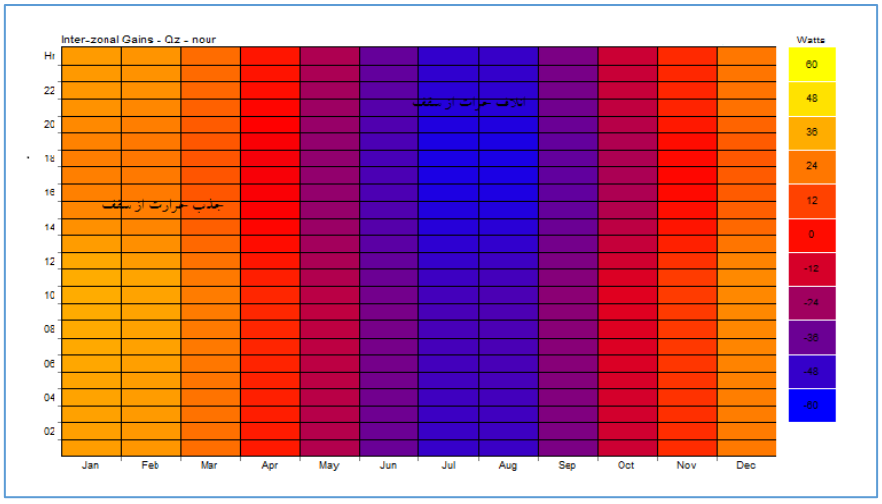
مأخذ: نگارندگان، ۹۸

شکل ۸: میانگین جذب حرارتی سالانه

تحلیل حرارتی جذب حرارت بر اساس پوشش سقف ساختمان

نوع پوشش سقف ساختمان در محدوده پژوهش، عمدتاً از ورقه‌های گالوانیزه، ایرانیت یا پوشش سفالی است که علت آن ظرفیت حرارتی پایین برای سرعت تعدیل جریان هوا در ساختمان است. (شکل ۹) ماه‌های فصل زمستان به علت جهت طلوع تابش از سمت جنوب شرقی، 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 می شود ولی در فصل تابستان (تیر و مرداد)، بیشترین

انتقال حرارتی از سقف در قسمت‌های غربی و شمالی با کمترین تابش دریافتی است. سقف سفالی در ظهر تابستان تا حد زیادی در کاهش جذب حرارتی مؤثر است در حالی که این گرمایش در زمستان از طریق پنجره‌های جنوبی جذب می‌شود. که در شکل (۹) به دلیل تعویض سقف از گالوانیزه به سفالی در تابستان مجموع حرارتی کاهش یافته و رفتار حرارتی ساختمان تغییر کرده است. برای تبادل حرارتی اطراف ساختمان با فضای داخلی با افزایش تعداد سقف و ارتفاع آن تاب‌آوری اقلیمی با استراتژی سازگاری ایجاد می‌شود.



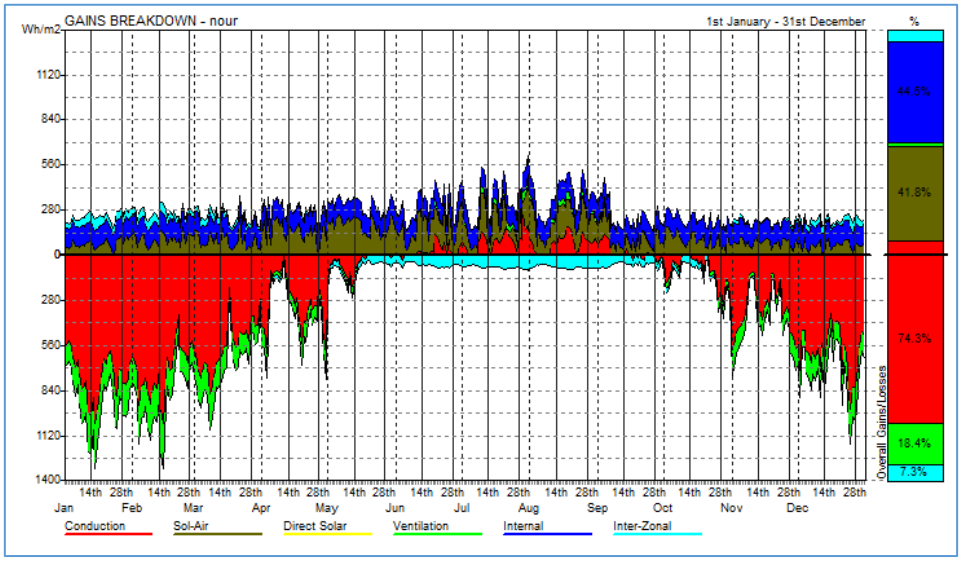
مأخذ: نگارندگان، **۹۸**

شکل ۹: جذب حرارتی از تغییر پوشش سقف ساختمان

تحلیل حرارتی جذب غیرفعال در ساختمان

در بررسی عملکرد غیرفعال حرارتی ساختمان در طول سال بخش‌های حرارتی در بنا، رفتارهای حرارتی متفاوتی ارائه می‌کند. در این شکل (۱۰) تأثیر هم‌زمان انرژی گرمایی تابش خورشید و دمای محیط (دمای هوا–شید) بر ساختمان‌های محدوده پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. از جمله؛ جذب مستقیم، غیر مستقیم، جذب و انتقال حرارت از طریق تهویه، که در فصل‌های تابستان و زمستان متفاوت و نقش مصالح در آن به‌صورت جذب غیرمستقیم در تابستان و انتقال حرارت از طریق رسانایی و همرفتی در زمستان بارز است. ظرفیت حرارتی پایین مصالح در برقراری جریان هوا و کاهش رطوبت در میزان جذب غیرفعال حرارت ساختمان مهم است. بیشترین انتقال حرارتی با مقدار ۷۴/۳٪ و میزان جذب در این بخش با ۶/۵٪ عمدتاً از طریق هدایتی یا رسانایی و تخلیه بار حرارتی شبانه به دلیل جرم حرارتی مصالح است. در دمای هوای بین م صالح، میزان جذب حرارت ۴۱/۸٪ بوده که با رنگ سبز لجنی ن شان می‌دهد. رنگ سبز نیز میزان تهویه را در م صالح نشان می‌دهد و مقدار جذب غیرفعال از طریق تهویه ۱۸/۴٪ و میزان از دست دادن حرارت ۱/۷٪ است. رنگ آبی نیز میزان حرارت در فضای داخلی ساختمان را نشان داده که میزان ۴۴/۵٪ است. رنگ سبز پارسی نیز میزان جذب حرارت ماهانه را بیان کرده که مقدار این جذب ۵/۵٪ و اتلاف حرارت نیز ۷/۳٪ است. بیشترین انتقال حرارت به روش هدایت از

مصالح بنا بوده که از طریق اجزا پوسته ساختمان انجام می‌شود که این انتقال حرارت از پوسته، بستگی به موقعیت ساختمان نسبت به خورشید، باد و سطح تماس پوسته با زمین دارد. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه اغلب هدایت حرارتی در رابطه با زمین از داخل بنا به خارج بوده که عایق حرارتی دیوارها، بام‌ها و کف ساختمان مانع از انتقال حرارت می‌گردد.

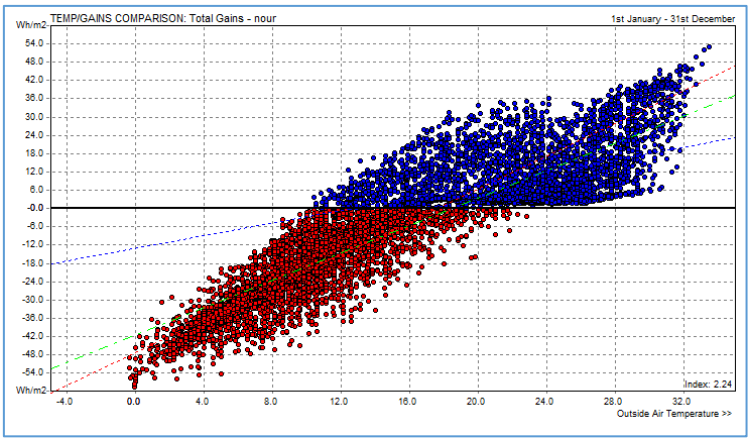


مأخذ: نگارندگان، ۹۸

شکل ۱۰: جذب غیرفعال حرارت در ساختمان

تحلیل حرارتی دما و تهویه

با توجه به معدل دما و رطوبت، همواره نیاز به تهویه مطلوب در ساختمان با سه عملکرد خنک کردن ساختمان، آسایش و سلامت افراد وجود دارد که این ویژگی‌های کالبدی و عملکردی با میزان دما و تهویه لازم در ساختمان نشان می‌دهد. دمای مشاهده شده در (شکل ۱۱)، دمای محیط بوده که نقاط قرمز، زیر خط آسایش و نیازمند بار تهویه نبوده و نقاط آبی در بالاتر از خط آسایش نیاز به تهویه در ساختمان وجود داشته و خطوط نقطه‌چین با رنگ سبز پارسی هم بیانگر شرایط مناسب تهویه در ساختمان است. از عواملی که مانع از گسترش تهویه در ساختمان می شود دیوارهای داخلی بوده که موجب انسداد مجرای نسیم یا تغییر جهت آن شده که با طراحی صحیح این دیوارها، تا حد زیادی شیب جریان حرارتی برای افزایش تهویه تغییر می‌کند که در محدوده پژوهش، شاخص انطباق ۲/۲۴ وات بر مترمربع در ساعت بوده که در واقع توان حرارتی تهویه است. مقدار هوایی که در یک ساعت از طریق تهویه عوض شده و موجب تعویض هوا در فضای داخلی و قرار گرفتن شرایط مطلوب دمایی در داخل ساختمان در هر ساعت ۲/۲۴ وات بر مربع در ساعت است. لایه عایق حرارتی بر روی حرکت گرمایی دیوار و میزان تهویه بر روی دیوارهای داخلی بسیار مؤثر و این حرکت به سمت دیوارهای داخلی نزدیک به سطح بیشتر و جریان گرما در این سطح نسبت به دیوارهای با لایه عایق حرارتی حدود ۳۵ تا ۸۶ درصد کمتر است.



مأخذ: نگارندگان،۹۸

شکل ۱۱: انطباق دما و تهویه

تحلیل بار حرارتی در ساختمان

یکی از عوامل مهم در انتخاب یا طراحی سیستم حرارتی و برودتی یک ساختمان، اختلاف دمای داخل و خارج بنا به‌منظور تعیین بار حرارتی یا بار برودتی آن ساختمان و موجب توسعه مفهوم درجه–روز شده است. که به‌منظور سنجش یا پیش‌بینی مقدار انرژی حرارتی که یک ساختمان نیاز داشته که از انرژی حرارتی خورشید برای تأمین بار حرارتی ساختمان ا ستفاده می شود (مرادی،۹۲: ۱۵۲). این شاخص از رابطه (۱) میزان بار برودتی را برای ماه‌های گرم بیان می‌کند و رابطه (۲) میزان بار حرارتی را برای ماه‌های سرد بیان می‌کند.

رابطه (۱) $\Sigma(t-19)=21^{\circ}c$ بار برودتی

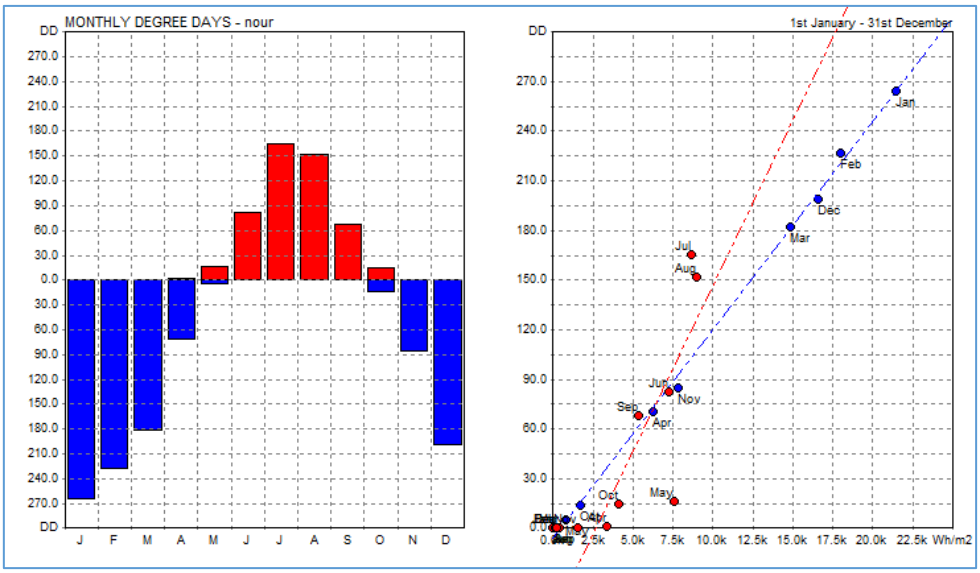
رابطه (۲) $\Sigma(19-t)=15.5^{\circ}c$ بار حرارتی

شکل (۱۲) درجه روز ماهانه را برای محدوده پژوهش نشان می‌دهد که تعداد ساعات دمای بالاتر از مرز ۱۹ درجه سانتی‌گراد، پایین‌تر یا در حد آن را نشان می‌دهد. بار برودتی در محدوده پژوهش ۲۱ درجه سانتی‌گراد و بار حرارتی نیز ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد ا ست. ماه‌های مهر و اردیبهشت در محدوده آسایش و ماه‌های تابستانی (خرداد، تیر، مرداد و شهریور) در محدوده بالاتر از آسایش (بار برودتی) با ستون قرمز که نیاز به بار برودتی با خنک‌کننده‌های تبریدی و مکانیکی است. ماه‌های سرد (آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند و فروردین) نیز در محدوده پایین‌تر از آسایش (ستون آبی) قرار داشته که نیاز به بار حرارتی در ساختمان با گرم کننده‌های مکانیکی است. جدول (۲)

جدول ۲: میانگین دمای ماهانه دوره آماری (۱۳۶۴–۱۳۹۸)

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
دما℃	۸/۲	۷/۴	۸/۹	۱۲/۴	۱۷	۲۲/۲	۲۴/۹	۲۶/۱	۲۴	۱۹/۹	۱۵/۱	۱۰/۶
حداقل دما	۴/۴	۴	۶/۱	۹/۲	۱۴	۱۸/۸	۲۱/۶	۲۲/۵	۲۰/۷	۱۶/۲	۱۱/۳	۶/۸
حداکثر دما	۱۲	۱۰/۹	۱۲	۱۵/۶	۲۰/۱	۲۵/۵	۲۸/۳	۲۹/۵	۲۷/۳	۲۳/۷	۱۹	۱۴/۴

مأخذ: داده‌های ایستگاه نوشهر (۱۳۹۸–۱۳۶۴)

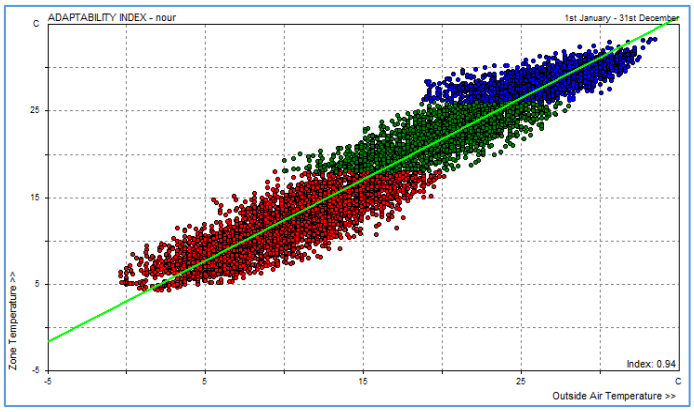


مأخذ: نگارندگان، ۹۸

شکل ۱۲: تحلیل بار حرارتی در ساختمان

تحلیل حرارتی شاخص سازگاری اقلیمی در ساختمان

این شاخص (شکل ۱۳) بیانگر عملکرد غیرفعال ساختمان در محدوده پژوهش است. 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 است 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 عدد یک کمتر باشد ساختمان از لحاظ غیرفعال بودن عملکرد بهتری دارد. به عبارتی، ساختمان در کنترل تبادل حرارتی و برای تأمین شرایط آسایش داخلی، بیشتر به ویژگی‌های کالبدی خود وابسته است تا به تأسیسات مکانیکی. در 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 ساختمان مورد مطالعه در زیر مرز آسایش قرار داشته و نیازمند بار گرمایشی است. تأثیر به‌کارگیری جرم حرارتی، تهویهٔ 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 ضرایبی بالاتر یا مساوی یک هستند که بیانگر ضعف ساختمان در نگهداری انرژی است. در محدوده پژوهش شیب سازگاری اقلیمی در ساختمان‌های محدوده مرکزی شهر، ۹۴ /۰ است که بهینه‌ترین حالت انطباق و مقدار عددی تاب‌آوری اقلیمی منطقه با استراتژی سازگاری بوده که قدرت بازگشت به حالت اولیه در هنگام حوادث ناشی از تغییر اقلیم را دارد.

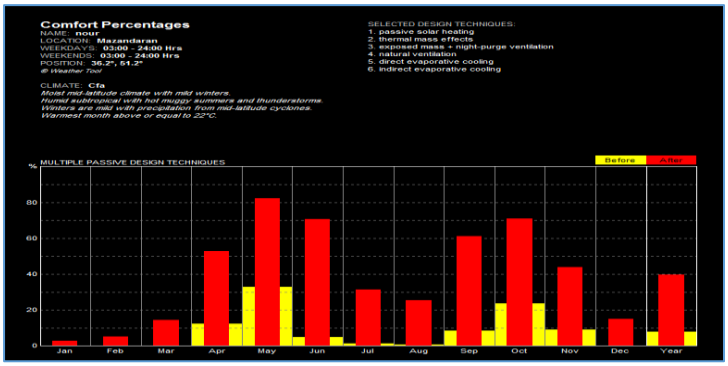


مأخذ: نگارندگان، ۹۸

شکل ۱۳: شاخص سازگاری و انطباق‌پذیری غیرفعال

تحلیل آسایش حرارتی و انرژی در فضای داخلی

یافته‌های آسایش حرارتی در محدوده پژوهش (شکل ۱۴) بیشترین میزان آسایش را در ماه‌های آوریل (فروردین) با ۸۵٪ می (اردیبهشت) با ۷۲٪ و اکتبر (مهر) با ۷۰٪ آسایش در بنادر محدوده پژوهش برقرار است که کمترین میزان آن در ماه ژانویه با ۰/۵٪ آسایش، نیاز به گرم کننده‌های غیرفعال تابشی، تابش مستقیم از پنجره‌های جنوبی و تأسیسات مکانیکی برای توسعه منطقه آسایش است. این تکنیک‌ها شامل؛ گرمایش غیرفعال تابشی، اثرات جرم 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 جدول (۳) بیان شده است.



مأخذ: نگارندگان، ۹۸

شکل ۱۴: استراتژی‌های غیرفعال در محدوده پژوهش

جدول ۳: روش‌های چند لایه طراحی غیرفعال به درصد

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

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۹۸

در جدول ۳، بیشترین میزان آسایش در فضای داخلی با توجه به استراتژی غیرفعال خورشیدی در بهار و پائیز با درصد بالا و زمستان و تابستان با درصد کمتر نشان داده شد. زیرا در این دو فصل نیاز یا عدم نیاز به خنک‌کننده‌های تبخیری وجود داشته و آسایش تا ۸۰٪ در فصل‌های اعتدالی برقرار می شود. ارائه تکنیک‌های غیرفعال تابش، در واقع تاب‌آوری اقلیمی تابش در طراحی اقلیمی با استراتژی سازگاری اقلیمی در محدوده پژوهش است.

نتیجه‌گیری

با توجه به پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با تاب‌آوری اقلیمی در مطالعات داخلی و خارجی، 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 پژوهشی مختلف استفاده شد که خوشبختانه نتایج متقنی از آن‌ها استخراج گردید. در پژوهش حاضر علاوه بر ابزار اکوتکت که برای ارائه نمودارهای حرارتی در ساختمان با تحلیل دما، تهویه، شاخص سازگاری، درجات گرمایی 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 پژوهش حاضر 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 سال‌های اخیر تغییر اقلیم موجب یک دگردیسی فعال در طراحی ساختمان‌ها از سنتی به مدرن شده که اولین رویکرد آن تغییر فاز مصالح و استفاده از منابع تجدید پذیر باهدف ایجاد تاب‌آوری اقلیمی در ساختمان با استراتژی سازگاری بوده تا با طراحی یک الگوی مناسب، قادر به مقابله با اثرات تغییر اقلیم و سازگار با آن در نواحی ساحلی باشد. با توجه به مبانی نظری، 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 ۱۸۸۴ 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 سایت ساختمان و جرم حرارتی را در بنا با میزان چرخش ساختمان به سمت جنوب و جنوب غربی نشان می‌دهد که موجب افزایش کارکرد حرارتی ساختمان در فضای داخلی است. برای تأمین آسایش حرارتی در ساختمان‌های مسکونی شهر نور استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی کم با ایجاد دیوارهای میانی در حفظ دمای داخلی و تاب‌آوری اقلیمی بنا بسیار مؤثر است. ضریب انتقال هدایتی مصالح، رفتار حرارتی غیرفعال ساختمان را در محدوده پژوهش نشان می‌دهد. ظرفیت حرارتی مصالح پایین است و به‌خوبی تا ۷۴ درصد تبادل حرارتی را از طریق مصالح، سطوح قائم و پوسته بنا ایجاد و با عملکرد حرارتی غیرفعال پنجره‌های جنوبی و شرقی تا ۴۴/۵ درصد از انرژی فضای داخلی را

تأمین کرده است. ضریب پاسخ حرارتی برای میزان تعویض هوا و تهویه در ساختمان ۲/۲۴ وات بر مترمربع در ساعت بود که نشان‌دهنده تهویه مطلوب ساختمان در منطقه از طریق تبادل جریان هوا بین باز شوها و مصالح در فضای داخلی است. برای ارزیابی کنترل انرژی در ساختمان بار حرارتی ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد و بار برودتی ۲۱ درجه سانتی‌گراد است. شاخص سازگاری اقلیمی ساختمان که تاب‌آوری اقلیمی ساختمان را بیان می‌دارد، با شیب ۰/۹۴ است یک شیب مثبت با روند کامل و کمترین پراکندگی را نشان می‌دهد. مصالح ساختمان در محدوده ساحلی شهرستان نور تا حد بالایی با اقلیم حاضر سازگاری دارد. طراحی غیرفعال در سایت ساختمان موجب افزایش تاب‌آوری و کاهش استفاده از انرژی‌های فسیلی و توانمندی ساختمان در استفاده از انرژی‌های نو است. ارائه راهبردهای حرارتی سازگار در برابر نوسانات دمایی فضاهای داخلی ساختمان با استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر به‌عنوان یک فن‌آوری کارآمد با عملکرد مؤثر تا حد زیادی قادر به کاهش اثرات تغییر اقلیم است.

یافته‌های طراحی سایت ساختمان در محدوده ساحلی با راهبرد تاب‌آوری اقلیمی هر سه حالت در محدوده پژوهش قابل‌رؤیت است. حالت اول، ممکن است در حال حاضر سازگار باشد اما تاب‌آوری لازم را برای آینده نداشته باشد؛ (بافت ساحلی) حالت دوم، احتمال دارد در حال حاضر تاب‌آوری داشته باشد اما سازگاری مورد نظر را برای آینده نداشته باشد؛ (بافت ساحلی) حالت سوم، در حال حاضر تاب‌آوری اقلیمی و سازگاری دارد و برای آینده نیز چنین است (بافت قدیم و مرکزی).

راهبردهای پیشنهادی در محدوده پژوهش برای طراحی تاب‌آوری اقلیمی در سایت و تأمین آسایش حرارتی توأم با کنترل بهتر انرژی در ساختمان، عملکرد تکنیک‌های غیرفعال است که بیشترین آسایش حرارتی ساختمان در بهار و پاییز با ۸۰ درصد آسایش است و ماه‌های زمستان و تابستان نیاز به تأسیسات حرارتی در ساختمان برای بار حرارتی و برودتی است که با جرم حرارتی مناسب دیوارها، کاربرد پنجره با شیشه‌های ساده و روشن در قسمت‌های جنوبی و شرقی، موجب افزایش بار حرارتی و نورگیری بیشتر ساختمان‌ها است. بازشوها در بخش‌های شمالی و غربی ساختمان موجب کوران و تهویه هوا در ساختمان برای فصل تابستان است که می‌توان با استفاده از سایبان‌های خارجی یا پیش‌آمدگی بیشتر از سقف ساختمان تا حد زیادی مانع ورود باران‌های پاییزی از سمت شمال و باران‌های زمستان از سمت غرب است. تهویه طبیعی با جریان هوا از طریق باز شوهای مختلف در ساختمان، اجرای رنگ‌های با طیف روشن و خاکستری در ساختمان، موجب کاهش بار برودتی است و به حفظ گرمای داخلی کمک می‌کند. از جمله پیشنهادهای دیگری که بهترین حالت تاب‌آوری اقلیمی را در ساختمان ایجاد می‌کند، احداث دیوارهای اصلی بنا به شکل منحنی و دیوارهای حفره‌ای است که موجب تاب‌آوری ساختمان در برابر مخاطرات لرزه‌ای و حوادث اقلیمی می‌شود و هم نورگیری ساختمان را تا حد بالایی تأمین می‌کند و مانع از افزایش فشار بخار آب در ساختمان و دیوارهای میانی می‌شود.

منابع

۱- 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.

۲-کتابچه اداره آمار سازمان برنامه بودجه استان مازندران-ص ۲۴۳.
۳-مدی، حسین (۱۳۹۰): راهنمای کاربردی اکوتکت اتودسک، چاپ اول، زمستان ۹۰، نشر پندار پارس.
۴- مرادی، ساسان (۱۳۹۲): تنظیم شرایط محیطی، ویرایش سوم، چاپ نهم، پائیز ۹۲، انتشارات آرمان‌شهر.
۵- ملأ صالحی 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 محیطزیست پایدار، ۹۳.

6- Alfraidi Yahya, Abdel Halim Boussabaine (2015): Design Resilient Building Strategies In Face Of Climate Change, World Academy Of Science, Engineering And Technology International Journal Of Civil, Environmental, Structural, Construction And Architectural Engineering Vol:9, No:1, 2015
7- Bellinson Ryan & Eric Chu, (2019): Learning Pathways And The Governance Of Innovations In Urban Climate Change Resilience And Adaptation, Journal Of Environmental Policy & Planning ISSN: 1523-908X (Print) 1522-7200 (Online) Journal Homepage: Http://Www.Tandf Online. Com/ Loi/Cjoe20.
8- Dave Malay, Arvind Varshney & Peter Graham, (2012): Assessing The Climate Change Adaptability Of Buildings, Accarnsi Discussion Paper Node Built Environment, Innovation And Institutional Reform, P P 1-47.
9- Erkens.G T. Bucx, R. Dam, G. De Lange, And J. Lambert, (2015): Sinking Coastal Cities, Proc. IAHS, 372, 189–198, 2015 Proc-Iahs.Net/372/189/2015/ Doi: 10.5194/Piahs-372-189-2015.
10- Fernández Cinta Lomba, Josune Hernantes And Leire Labaka (2019): Guide For Climate-Resilient Cities: An Urban Critical Infrastructures Approach, Sustainability **2019**, 11, 4727; Doi: 10.3390/Su11174727, Pp1-19
11- Gardiner Edward P, David D. Herring & James F. Fox, (2019): The U.S. Climate Resilience Toolkit: Evidence Of Progress, Climatic Change (2019) 153:477–490, Https:// Doi.Org/ 10.1007/S 10584-018-2216-0.
12- IPCC, (2019): Secretaría Del IPCC C/O OMM 7 Bis, Avenue De La Paix C.P: 2300 CH-1211 Genève 2 Suiza Telephone: +41 22 730 8208/54/84 Fax: +41 22 730 8025 / 13 Correo Electrónico: IPCC-Sec@Wmo.Int Www.Ipcc.Ch.
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- LACY Rodolfo, (2018): Climate-Resilient Infrastructure, OECD 2018 ISSN 2309-7841.
16- Meybeck Alexandre, Jussi Lankoski, Suzanne Redfern, Nadine Azzu And Vincent Gitz,(2012): Building Resilience For Adaptation To Climate Change In The Agriculture Sector, Food And Agriculture Organization Of The United Nations Organization For Economic Co-Operation And Development Rome, 2012, Isbn 978-92-5-107373-5
17- NYC Mayor's Office Of Recovery And Resiliency, (2019): Climate Resiliency Design Guidelines - Version 3.0.
18- Rajkovich Nicholas B., Yasmein Okour, (2019): Climate Change Resilience Strategies For The Building Sector: Examining Existing Domains Of Resilience Utilized By Design Professionals, Sustainability 2019, 11, 2888; Doi:10.3390/Su11102888.
19- Stevens Amanda, Nicholas B. Rajkovich, (2019): Climate Adaptation By Design: Overview For New York State Building Professionals, Final Report| Report Number 18-11c | May 2019, PP: 1-44

20- Sinay Laura, And R. W. (Bill) Carter, (2019): Climate Change Adaptation Options For Coastal Communities And Local Governments, Climate 2020, 8, 7; Doi: 10.3390/Cli8010007 Www.Mdpi.Com/Journal/Climate
21- UNFCCC Adaptation Calendar, (2015): Building Climate Resilience In Urban Areas, United Nations Framework Convention On Climate Change, Unci. Int.
22- Wilson Michael T., (2019): Assessing Voluntary Resilience Standards And Impacts Of Flood Risk Information, Building Research & Information ISSN: 0961-3218 (Print) 1466-4321 (Online) Journal Homepage: Https://Www.Tandfonline.Com/Loi/Rbri20