تأثیر چگونگی همجواری ساختمان‌های مسکونی از طریق رابطه فرم و سایه‌اندازهای خارجی مبتنی بر کاهش مصرف انرژی سرمایشی

(مورد پژوهی: بافت تاریخی بوشهر)

الناز حیدری [1]، جمال الدین مهدی نژاد [2] و پویا دولابی [3]

تاریخ دریافت: 1402/06/27
تاریخ پذیرش: 1403/01/11
(صفحات 127-103)

چکیده

مقدمه: امروزه بحران انرژی، توجه معماران و شهرسازان را به چگونگی هم‌جواری ساختمان‌ها درون ساختگاه، جلب کرده است. ساختمان‌های مسکونی معاصر واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی، بدون توجه به اقلیم و محیط پیرامون، ساخته می‌شوند. پژوهش حاضر به بررسی تأثیر هم‌جواری ساختمان‌های معاصر واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی بر میزان مصرف انرژی سرمایشی در داخل بنا از طریق ادغام عناصر سایه‌انداز بر جبهه غربی ساختمان در اقلیم گرم‌ومرطوب بوشهر می‌پردازد.

روش تحقیق: این پژوهش از طریق روش ترکیبی، اطلاعات ساختمان‌های منتخب را با استفاده از برداشت میدانی گردآوری و سپس به روش خوشه‌ای، دسته‌بندی‌کرده است. معیارهای مورد نظر جهت انتخاب نمونه‌های منتخب به روش دلفی اعتبار سنجی شده و به کمک نرم‌افزار دیزاین بیلدر میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان‌ها محاسبه شده است.

نتایج و بحث: در ادامه، به بررسی ساختمان‌های منتخب به لحاظ فرم، شکل، هندسه و جزئیات پرداخته‌شد و فرم بهینه برای هر مدل استخراج، سپس با تلفیق مدل‌های بهینه انتخابی، ساختمان‌های مد نظر باز طراحی شده و میزان کاهش مصرف انرژی سرمایشی محاسبه شد. در انتها، به بررسی میزان تأثیر هم‌جواری ساختمان‌های منتخب بر کاهش مصرف انرژی سرمایشی پرداخته شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، نیاز به تلفیق فرم و سایه‌اندازهای خارجی در ساختمان‌های مسکونی معاصر واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی به منظور کاهش مصرف انرژی سرمایشی و دریافت نور غرب است.

نتیجه‌گیری: کوچه‌های باریک واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی و چهار مدل همسایگی موجود در محدوده مورد پژوهش نشان می‌دهد که نحوه قرارگیری ساختمان درون سایت نقش تعیین‌کننده میزان مصرف انرژی سرمایشی و دریافت نور روز دارد و کاهش مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌ها به میزان 20.92٪ در مدل همسایگی بدون وجود کوچه‌های باریک به دست آمد.

واژگان کلیدی: همجواری، هندسه فرم، کاهش مصرف انرژی، اقلیم گرم و مرطوب.

این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان «تدوین اصول طراحی ساختمان‌های مسکونی بر اساس رابطه فرم و سایه‌اندازهای خارجی با تأکید بر کاهش مصرف انرژی در اقلیم گرم‌ومرطوب (موردپژوهی: بوشهر)» است که به راهنمایی نویسنده دوم و مشاور نویسنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر انجام شده است.

[1] **دانشجوی دکتری،** گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران.

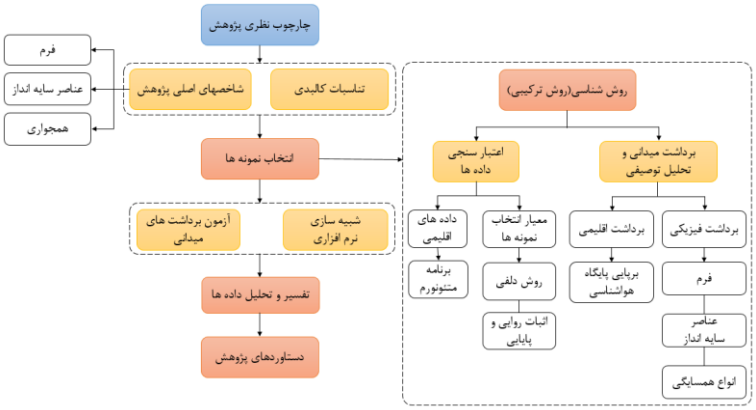
[2] **استاد،** گروه معماری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران، (نویسنده مسئول).

استاد مدعو،گروه معماری،واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران. mahdinejad@sru.ac.ir

[3] **استاد مدعو،**گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران. **استادیار،** گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

1- مقدمه

واحدهای همسایگی با توجه به مشخصه‌هایی همچون جهت‌گیری ساختمان، سایه‌اندازی، مورفولوژی بنا و تراکم، می‌توانند به گونه‌ای طراحی شوند که بالاترین میزان بهره‌وری انرژی را داشته باشند (ASHRAE,2010). موقعیت قرارگیری واحدهای همسایگی نسبت به یکدیگر نقش مؤثری در میزان دسترسی هر ساختمان به تابش اشعه‌ی خورشید و استفاده از الگوی جریان هوا دارد (Hachem&et al., 2011). لذا، چگونگی قرارگیری ساختمان در کنار یکدیگر و الگوی استفاده از زمین بر میزان مصرف انرژی سرمایشی نقش به سزایی دارد (Sanayeayan, 2014). انجام پژوهش‌هایی با موضوع تأثیر همجواری ساختمان‌ها بر میزان مصرف انرژی سرمایشی می‌تواند دریچه‌ای متفاوت بر نحوه نگرش به فضاها و موقعیت قرارگیری ساختمان‌ها با رویکرد بهینه سازی مصرف انرژی فراهم آورد. برای این پژوهش؛ ساختمان‌های مسکونی معاصر در بافت تاریخی واقع در دیواره ساحلی بوشهر که نور غرب را دریافت می‌کنند و دارای هم‌جواری با کوچه‌های باریک بافت تاریخی هستند، به عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب شده و براساس فرم و ارتفاع، مکان‌های مختلف قرارگیری بنا از لحاظ مصرف انرژی سرمایشی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. با توجه به اینکه جبهه غربی ساختمان‌های معاصر در دیواره ساحلی بافت تاریخی، تنها نور مستقیم غرب را دریافت می‌کنند، به نظر می‌رسد به منظور بهبود وضعیت آسایش فضای داخلی آن‌ها و کاهش مصرف انرژی سرمایشی، ضروری است از راه‌کارهای سایه‌اندازهای خارجی و ادغام آن با فرم ساختمان بهره جست. همچنین، براساس مطالعات تفضیلی بافت تاریخی شهر بوشهر تهیه شده در سال 1398 توسط میراث فرهنگی، با توجه به معماری اقلیمی، کوچه‌های باریک واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی بوشهر که جریان باد را از سمت دریا به داخل بافت متخلخل به منظور ایجاد تهویه طبیعی انتقال می‌دهند، درگذشته ثمربخش بود، اما با توجه به نوسازی ساختمان‌های دیواره بافت تاریخی به نظر می‌رسد میزان مصرف انرژی سرمایشی در ساختمان‌ها افزایش یافته است. از این‌رو، بررسی مجاورت ساختمان‌ها با این کوچه‌های باریک که امکان حذف آنها وجود ندارد، ضروری است و نیاز به پژوهش در خصوص میزان تأثیر این هم‌جواری‌ها بر میزان مصرف انرژی سرمایشی وجود دارد که با توجه به معاصرسازی، دیگر در این بافت‌ها از فرم حیاط مرکزی و نمونه‌های خطی استفاده نمی‌شود و نیاز است از طریق فرم و سایه‌اندازها، ساختمان‌های معاصر مورد طراحی قرار گیرند. در این پژوهش با توجه به شکل1، ابتدا رابطه بین فرم و سایه‌اندازهای خارجی را به منظور کاهش مصرف انرژی سرمایشی در این محدوده، مورد پژوهش قرار داده و سپس تأثیر هم‌جواری ساختمان‌های معاصر با کوچه‌های باریک در محدوده مورد مطالعه، بررسی و تحلیل می‌شود. نتایج این تحلیل‌ها، در دست یابی به راهبردهای طراحی بسیار مؤثر است.



شکل1- روند پژوهش

Fig. 1- Research Theoretical Framework

هدف این پژوهش، بررسی همجواری ساختمان‌های مسکونی معاصر با کوچه‌های باریک از طریق ادغام عناصر سایه انداز بر جبهه غربی ساختمان در بافت تاریخی بوشهر به منظور سنجش میزان مصرف انرژی سرمایشی در داخل بناست.

مطالعات اخیر در مورد هم‌جواری و فرم ساختمان‌ها و عملکرد عناصر سایه‌انداز در مکان‌های اقلیمی متفاوت انجام شده است که مروری بر برخی مطالعات نمونه‌های اخیر در اینجا ارائه می‌شود. لیو و همکاران، به منظور بررسی تأثیر شکل شهری بر میزان مصرف انرژی ساختمان، فرم بلوک‌های ساختمانی در شهر جیانهو چین را مورد بررسی قرار دادند. در نتیجه، جهت بلوک، فضای باز میان بلوک و تراکم بنا از عوامل تأثیرگذار بر میزان کاهش مصرف انرژی سرمایشی در داخل بناست و در نتیجه ایجاد بلوک شهری بر این اساس مقرون به صرفه است (Liu &et al., 2023). الحویل و همکاران، با بررسی تأثیر سایه‌اندازها و عایق حرارتی مناسب در پوسته ساختمان جهت کاهش مصرف انرژی در اقلیم‌های گرم، نیمه‌گرم و بسیار گرم پرداختند. آنها دریافتند که با ترکیب عناصر سایه‌انداز و پوسته خود سایه‌انداز 52 درصد از کل تقاضای انرژی سرمایشی را کاهش می‌دهند و عایق حرارتی در پوسته ساختمان موجب کاهش انرژی سرمایشی و گرمایشی تا 84 درصد در نقاط گرم آب و هوایی خواهد شد (Alhuwayil&et al., 2023). در نهایت، در خصوص‌تأثیر سایه‌اندازها و ادغام آن با فرم ساختمان به منظور کاهش مصرف انرژی سرمایشی، زو و همکاران، تأثیر سیستم‌های سایه‌انداز با ترکیب فرم‌های مختلف خانه‌های سنتی چین بر مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی داخل بنا بررسی کردند. در این پژوهش پیش‌آمدگی و انواع حیاط را بررسی نمودند و دریافتند با ترکیب سایه-اندازها با فرم‌های ساختمانی کاهش مصرف انرژی در چهار جهت ساختمان از لحاظ چینش فرم ساختمان و حیاط مرکزی تأثیرگذار است (Xu &et al., 2022). الاقامی و همکاران، به بررسی تأثیر شکل هندسی ساختمان‌ها بر مصرف انرژی ساختمان در مناطق مختلف مصر پرداختند و چهار شکل هندسی را بررسی نمودند که نتیجه گرفتند در هیچ کدام از مناطق مصر از فرم مستطیل نباید استفاده شود (El-Agami&et al., 2021). اوچدی و همکاران، در مطالعه خود به بررسی تأثیر جهت‌گیری ساختمان و استفاده از سایه‌اندازها در ساختمان‌های مسکونی نیجریه به منظور کاهش مصرف انرژی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که برای افزایش بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های اقلیم گرمسیری طراحان باید بر کاهش دریافت گرما نورخورشید از طریق پوشش ساختمان از طریق سایه‌اندازی و جهت‌گیری ساختمان تمرکز کنند (Ochedi&et al., 2021). اسکندری و همکاران، ایوان را به عنوان سایه‌انداز خارجی در چهار اقلیم آب و هوایی ایران به منظور کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها مورد بررسی قرار داند. در نهایت فرم، عمق و جهت مناسب ایوان در چهار اقلیم را به‌دست آوردند (Eskandari, 2017). رهایی در پژوهشی، به بررسی تغییرات کالبدی حیاط‌های مرکزی بر الگوی جریان هوای داخل خانه‌های دوران قاجار اصفهان با روش CFD پرداخت. با استفاده از نرم‌افزارهای Gambit و Fluent نتایج نشان داد که پخش هوا به تمام نقاط خانه از میانه حیاط اتفاق می‌افتد و نیمه شمالی حیاط جریان هوای مطلوب‌تری نسبت به نیمه جنوبی دارد. همچنین بزرگتر شدن ابعاد حیاط موجب افت کیفیت تهویه طبیعی نیز می‌شود(Rahaei, 2021). لیو و همکاران، تأثیر سایه‌اندازها بر نمای ساختمان‌های مسکونی هنگ‌کنگ به منظور کاهش مصرف انرژی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد طول و زاویه پنل‌های سایه‌انداز بر ساختمان‌های مسکونی به منظور کاهش مصرف انرژی و دریافت انرژی خورشید در نمای غربی ساختمان‌ها مؤثر است (Liu&et al.,2019). چو و همکاران، عناصر سایه‌انداز بیرونی جهت ساختمان‌های مسکونی بلند کشور کره را مورد پژوهش قرار دادند. صرفه‌جویی در مصرف انرژی خنک‌کننده حدود 20 درصد بود، در حالی که کاهش گرمای خورشیدی توسط ترکیبی از سایه‌انداز افقی (بالکن‌ها) و پانل عمودی، بار خنک‌کننده را به ترتیب 19.7 درصد و 17.3 درصد کاهش می‌دهد (Cho&et al., 2014). رتی،

استیمرس و ریدان، در بافت شهری، یک نمونه موجود را مورد مطالعه قرار دادند و نسبت سطح به حجم بنا، دسترسی به نور خورشید، غلظت سایه و دید به آسمان را بررسی نمودند. در نتیجه؛ فرم حیاط مرکزی بهترین پاسخ برای اقلیم گرم‌وخشک است، ولی در اقلیم گرم ومرطوب فرم حیاط مرکزی گزینه مناسبی نیست و تناسبات بنا، عامل تعیین کننده بر رفتار حرارتی ساختمان‌هاست. لذا نتایج به‌دست آمده تنها بر روی موارد مورد آزمایش صادق است و هر حیاط مرکزی با هر ابعادی گزینه مناسبی نیست (Ratti&et al., 2003). در خصوص تأثیر سایه‌اندازهای خارجی بر میزان کاهش مصرف انرژی سرمایشی، محمدی در رساله دکتری خود به ارزیابی عملکرد عناصر مورد استفاده به منظور سایه‌اندازی در خانه‌های بومی بافت بوشهر پرداخته و عملکرد اصلاح‌شده آن‌ها را جهت استفاده در معماری معاصر پیشنهاد کرده است. با اصلاح عملکرد سایه‌اندازی عنصری مثل شناشیر به روش نقاب سایه و شبیه‌سازی رایانه‌ای و با اصلاح عملکرد آن در نمای ساختمان‌های بومی، بدون تغییر در فرم و ظاهر سنتی آن‌ها، امکان استفاده مجدد را در ساختمان‌های معاصر برای سایه‌اندازی و کاهش بار حرارتی ساختمان فراهم نموده است؛ نتایج تحقیق حاکی از آن است که اهمیت استفاده از سایه‌اندازها در ساختمان‌های مسکونی تأثیر به‌سزایی در کاهش مصرف انرژی سرمایشی دارد (Mohammadi, 2018). صنایعیان و همکاران، تأثیر چگونگی هم‌جواری توده و فضا در بلوک ساختمانی بر رفتار حرارتی درون بنا در شهر تهران مورد بررسی قرارگرفت. در این پژوهش، ساختمان‌ها نه به صورت مجزا بلکه با توجه به واحدهای همسایگی و به منزله‌ی بخشی از یک بلوک شهری مورد مطالعه واقع شده‌اند. در نتیجه، ساختمان‌های با حیاط مرکزی به منظور دریافت نور روز، بهترین گزینه است. این در حالی است که نمونه‌های خطی(حالت رایج ساخت و ساز در ایران)، از دیدگاه مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی گزینه بهینه به شمار می‌روند(Sanayeayan &et al., 2014). مطالعات انجام شده در خصوص موضوع هم‌جواری بیشتر بر روی بلوک‌های شهری و فرم حیاط مرکزی انجام شده است. از این‌رو، طبق بررسی‌های انجام شده تحقیق در خصوص بافت‌های تاریخی که به‌دلیل معاصرسازی دست‌خوش تغییر واقع شده و نسبت به تبدیل حیاط‌ها به توده بنا اقدام شده، نادر است. لذا در این پژوهش تلاش می‌شود، مطابق با جدول1، تأثیر هم‌جواری ساختمان‌های معاصر با کوچه‌های باریک واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی بوشهر که دستخوش معاصرسازی قرار گرفته است به منظور کاهش مصرف انرژی سرمایشی، از طریق ادغام فرم بهینه با عناصر سایه‌انداز بر روی ساختمان‌های معاصر مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد.

جدول1- بررسی پیشینه موضوع و مقایسه با پژوهش حاضر

Tab. 1- Literature review

نویسنده	فرم	عمق نورفنگی	سایه‌انداز	ابعاد سایه‌انداز	تلفیق فرم و سایه‌انداز	اقلیم	عایق حرارتی	روش پژوهش	کاهش بارهای حرارتی	نمونه موردی	تأثیر بر ساختمان معاصر	همجواری ساختمان‌ها
رهایی (2021)	-	حیاط مرکزی	-	-	-	گرم و خشک	-	شبیه سازی فلوینت	تهویه طبیعی	مسکونی تاریخی		-
صنایعیان (2014)	-	-	-	-	-	معتدل	-	شبیه سازی دیزاین بیلدر	سرمایشی	بلوک ساختمانی	-	همجواری توده و فضا
رتی (2003)	-	-	-	-	-	گرم وخشک	-	شبیه‌سازی	سرمایشی	بلوک ساختمانی	-	بافت شهری و فرم حیاط
لیو (2023)	*	-	-	-	-	معتدل	-	شبیه سازی انرژی	گرمایشی و	بلوک ساختمانی	*	همجواری- بلوک-

نویسنده	فرم	عمق تورفتگی	سایه‌انداز	ابعاد سایه‌انداز	تلفیق فرم و سایه‌انداز	اقلیم	عایق حرارتی	روش پژوهش	کاهش بارهای حرارتی	نمونه موردی	تأثیر بر ساختمان معاصر	همجواری ساختمان‌ها
								پلاس	سرمایشی			شهری
محمدی (2018)	-	-	شناشیر	-	-	گرم و مرطوب	-	شبیه سازی دیزاین بیلدر	سرمایشی	مسکونی تاریخی	*	-
چو (2014)	-	-	*	*	-	گرم و معتدل	-	شبیه‌سازی با DOE-2.1E	سرمایشی	ساختمان مسکونی	*	-
لیو (2019)	-	-	*	*	-	نیمه گرمسیری	-	شبیه سازی انرژی پلاس	سرمایشی	ساختمان مسکونی	-	-
الحویل (2023)	-	-	*	*	-	گرم، بسیار گرم	*	انرژی پلاس و دیزاین بیلدر	سرمایشی	هتل	*	-
زو (2022)	*	-	*	*	*	معتدل	-	شبیه‌سازی	سرمایشی	ساختمان مسکونی	-	-
الاقامی (2021)	*	*	-	-	-	گرم و خشک	-	انرژی پلاس و دیزاین بیلدر	سرمایشی	ساختمان مسکونی	*	-
اوچدی (2021)	*	-	*	-	-	استوایی	-	شبیه سازی انرژی پلاس	سرمایشی	ساختمان مسکونی	*	-
اسکندری (2017)	*	*	ایوان	-	-	چهار اقلیم ایران	-	شبیه سازی انرژی پلاس	گرمایشی سرمایشی	مسکونی تاریخی‌در ۴ اقلیم	-	-
پژوهش حاضر	*	*	*	*	*	گرم و مرطوب	*	شبیه‌سازی دیزاین‌بیلدر	سرمایشی	مسکونی تاریخی	*	*

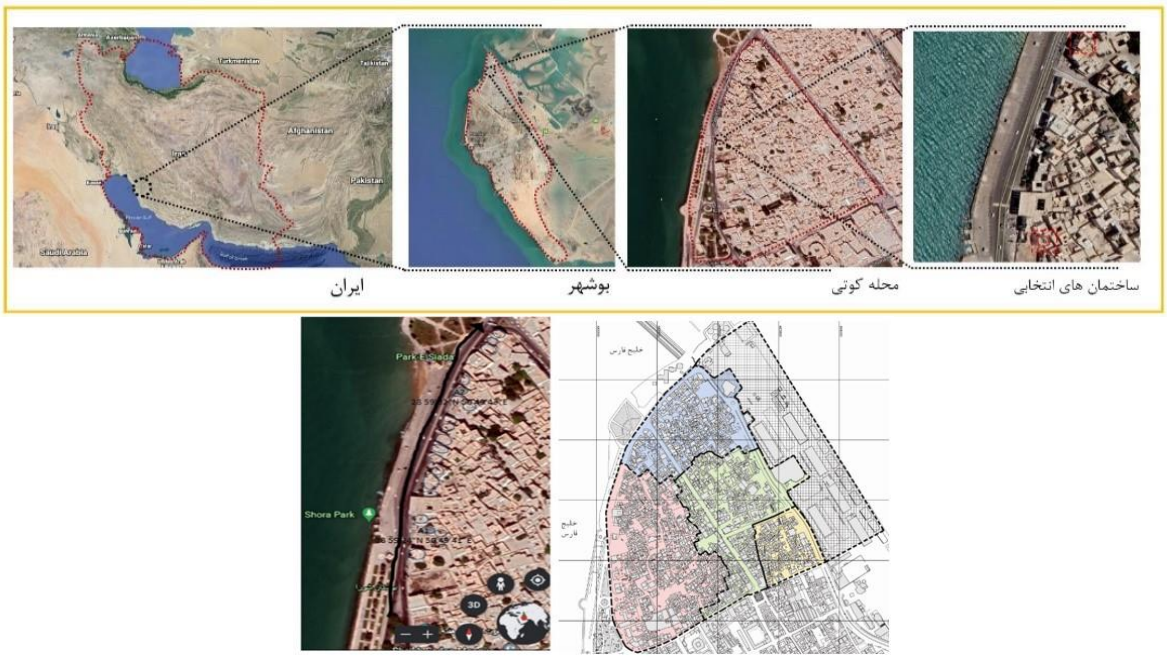
2-روش تحقیق

با توجه به ماهیت بین رشته‌ای این پژوهش، روش تحقیق ترکیبی است؛ از آنجا که هدف بررسی همجواری ساختمان‌های مسکونی معاصر با کوچه‌های باریک از طریق ادغام عناصر سایه انداز بر جبهه غربی ساختمان در بافت تاریخی بوشهر به منظور سنجش میزان مصرف انرژی سرمایشی در داخل بنا است، لذا عناصر سایه‌انداز ثابت (عمودی و افقی) بر پوسته ساختمان مسکونی، فرم سایه‌اندازها و ابعاد آن‌ها، فرم و شکل بنا، عمق و جهت تورفتگی در فرم بنا، ادغام سایه‌اندازهای افقی و عمودی با فرم بنا به عنوان متغیرهای مستقل و دما به عنوان متغیر وابسته در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند. در پژوهش حاضر، با در نظر گرفتن محدوده مورد پژوهش می‌توان رطوبت هوا را به‌عنوان متغیر مداخله‌گر نام برد که در این راستا سعی در ثابت نگه‌داشتن و در نتیجه خنثی نمودن اثر آن بر نتیجه شبیه‌سازی مد نظر قرار گرفت. مراحل مختلف این پژوهش بر اساس مطالعات میدانی و گردآوری اطلاعات به طور تجربی و تحلیل آن‌ها براساس معیارهای به دست آمده از روش دلفی بود، سپس شبیه‌سازی 10 نمونه از ساختمان‌های منتخب در نرم‌افزار دیزاین بیلدر و بهره‌گیری از مطالعات کتابخانه‌ای انجام شد. نخست، بر مبنای مطالعات میدانی، نقشه ساختمان، برداشت انواع حجم موجود،

شرایط مصرف انرژی، نوع مصالح، اجزای به‌کار رفته در ساختمان و داده‌های آب‌وهوایی گردآوری شد. سپس بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای از قبیل مطالعات تفضیلی بافت تاریخی شهر، اطلاعات کافی برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های میدانی گردآوری شد. سپس به منظور اعتبارسنجی، 30 معیار مورد نظر تعیین و به روش دلفی مورد سنجش قرار گرفت. در انتها، با اثبات روایی و پایایی به مقایسه این معیارها پرداخته شد. در انتها پس از اثبات روایی دو ساختمان منتخب مجددا در برنامه شبیه سازی و براساس متغیرهای مستقل تغییرات لازم اعمال شد. رویکرد اصلی این پژوهش مبتنی بر بررسی شرایط بار سرمایشی در ساختمان مسکونی معاصر است.

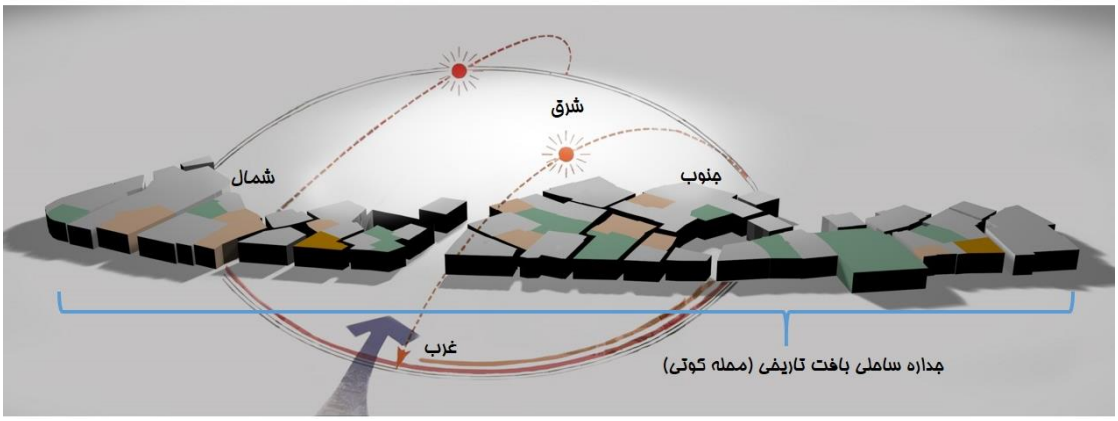
2-1-محدوده پژوهش

مطابق با شکل2، بافت قدیمی بوشهر در شمالی‌ترین بخش شهر در نوار ساحلی واقع شده است که شامل چهار محله دهدشتی، شنبدی، بهبهانی و کوتی است. محدوده مورد پژوهش با پیشینه تاریخی و معماری بومی، در مسیر گردشگری واقع شده است. دیواره ساحلی بافت تاریخی محله کوتی واقع در شهر بوشهر، در کنار ساحل خلیج‌فارس مطابق با شکل3 از نور غرب بهره‌مند می‌شود. به دلیل کشیدگی ساحل از جنوب به سمت شمال، نمای اصلی ساختمان‌های این محدوده به سمت غرب است که یکی از معضلات طراحی در این محدوده به شمار می‌روند. این محدوده در معاصر سازی دست‌خوش تغییرات ناخواسته بوده، لذا فرم مناسب به منظور کاهش مصرف انرژی سرمایشی از طریق ادغام فرم و سایه‌اندازهای عمودی و افقی مورد بررسی و از طریق برداشت‌های میدانی، فرم‌ها و سایه‌اندازهای موجود در لبه ساحلی با نمای غربی شناسایی و مورد تحلیل قرار گرفت. مطابق با ضوابط بافت تاریخی ارائه شده توسط میراث فرهنگی، کوچه‌های باریک یک متری بافت تاریخی محله کوتی واقع در دیواره ساحلی به منظور دریافت باد غالب غربی جهت تهویه طبیعی در داخل بافت متخلخل، منجر به ایجاد چهار مدل همسایگی شده که فرم‌هایی متناسب با آن شکل گرفته است. در برداشت‌های میدانی انجام شده، این همسایگی‌ها مطابق با شکل 4 است. از بین چهار مدل همسایگی و با توجه به جبهه‌های ساختمانی، فرم ساختمان‌های موجود برداشت شد.



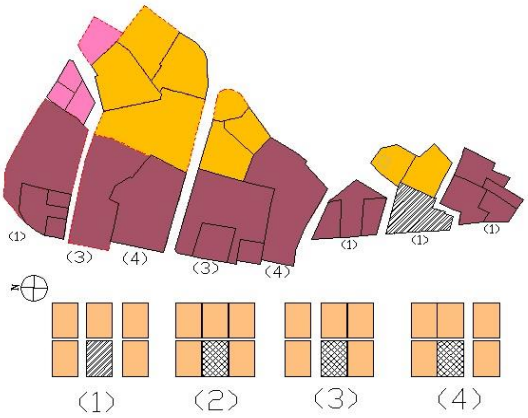
شکل2- چهار محله بافت تاریخی، موقعیت ساختمان‌های دیواره ساحلی، ساختمان های منتخبA1 و A2

Fig. 2- Four neighborhoods of historical context, the location on the coastal edge in the historical contexts, selected buildings A1 and A2



شکل3- جهت تابش نور غرب به دیواره ساحلی بافت تاریخی محله کوتی

Fig. 3- The direction of the western light to the coastal edge in the historical contexts of Koti neighborhood



شکل4- مدل همسایگی در دیواره ساحلی بافت تاریخی محله کوتی

Fig. 4- Neighborhood model to the coastal edge in the historical contexts of Koti neighborhood

2-2-گردآوری داده‌های میدانی

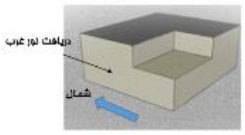
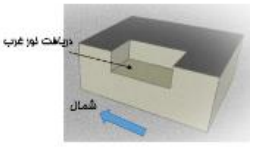
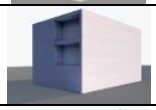
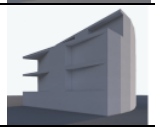
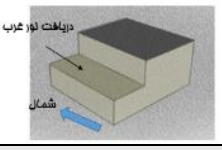
2-2-1-برداشت از ساختمان‌های موجود

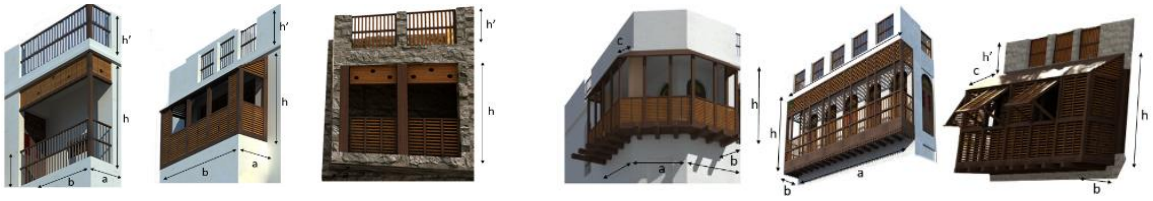
طبق برداشت‌های انجام شده از ساختمان‌های معاصر، فرم ساختمان‌ها تنها از جبهه غربی (نور اصلی)، جبهه جنوبی و یا جبهه شمالی پنجره دارد که از تورفتگی‌های متفاوتی شکل گرفته است. با توجه به ضوابط بافت تاریخی ارائه شده توسط میراث فرهنگی، رعایت تعداد طبقات و چگونگی ایجاد تورفتگی در فرم ساختمان به منظور کاهش دریافت نور مستقیم غرب، ضروری است. این ضوابط در معاصرسازی نادیده گرفته شده و باعث تغییر در سیمای ساحلی بافت شده است. لذا در جدول 2، نتایج حاصل از تحلیل فرم‌های برداشت شده با فرم‌های پیشنهادی در مطالعات طرح تفضیلی ذکر شده است.

در ادامه برداشت میدانی، مطابق با شکل 5 انواع سایه‌اندازهای افقی و عمودی موجود در ساختمان‌های معاصر که بر اساس سایه‌اندازهای (شناشیر و طارمه) ضوابط بافت تاریخی طراحی و اجرا شده‌اند، پرداخته می‌شود. پس از تحلیل سایه‌اندازهای دیواره ساحلی متناسب با ضوابط طراحی در بافت تاریخی، داده‌های بدست آمده از تحلیل سایه‌اندازهای واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی، مطابق با جدول 3 به دست آمد. نتیجه تحلیل انواع سایه‌اندازها در جدول 4 ذکر شده است. پس از تحلیل و مدل‌سازی احجام مورد بررسی در دیواره ساحلی بافت تاریخی، ساختمان‌ها از لحاظ ارتفاع، تورفتگی در فرم بنا و سایه‌اندازها بر اساس ضوابط طراحی در بافت تاریخی و معیارهای مورد نظر این پژوهش، شناسایی‌شده‌اند. مطابق با شکل 6، نمونه‌های مد نظر تحقیق به روش خوشه‌ای بر اساس معیارهای خاص این پژوهش انتخاب و معرفی می‌شوند.

جدول2- تحلیل فرم‌های برداشت‌شده از ساختمان‌های معاصر مطابق با فرم‌های پیشنهادی ضوابط بافت تاریخی کوتی

Tab. 2- Analyzing the forms taken from contemporary buildings according to the proposed forms of historical context guidelines

فرم‌های پیشنهادی براساس مطالعات طرح تفضیلی و ضوابط بافت تاریخی		دلایل انتخاب فرم پیشنهادی در مطالعات طرح تفضیلی	فرم‌های برداشت‌شده از ساختمان‌های معاصر موجود در دیواره ساحلی بافت محله کوتی توسط نویسندگان
فرم صحیح		تورفتگی در جبهه جنوب غربی به‌منظور کاهش دریافت نور غرب، شکست نور غرب و ایجاد سایه بر حجم بنا، هم‌جواری با ساختمان در جبهه شمال و شرق، هم‌جواری با کوچه باریک در جبهه جنوب	
		تورفتگی در جبهه غربی به‌منظور کاهش دریافت نور غرب، شکست نور و ایجاد سایه بر حجم بنا، دارای همسایگی با ساختمان در جبهه شمال، جنوب و شرق	 
فرم نادرست		تورفتگی در جبهه غربی به‌صورت کامل و دریافت نور مستقیم بدون ایجاد سایه‌اندازی بر حجم بنا، دارای همسایگی با ساختمان در جبهه شمال، جنوب و شرق	
فرم‌های نامتعارف و خارج از ضوابط بافت تاریخی		بدون رعایت ضوابط و ایجاد سایه بر حجم بنا، هم‌جواری با ساختمان در جبهه شمال و شرق، هم‌جواری با کوچه باریک در جبهه جنوب	



شکل5- انواع سایه‌اندازهای اجرا شده در دیواره ساحلی مطابق با ضوابط بافت تاریخی

A variety of shading devices implemented on the coastal edge according to the historical contexts- 5.Fig

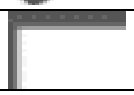
جدول3- داده‌های به‌دست آمده از تحلیل سایه اندازهای اجرا شده در دیواره ساحلی بافت تاریخی

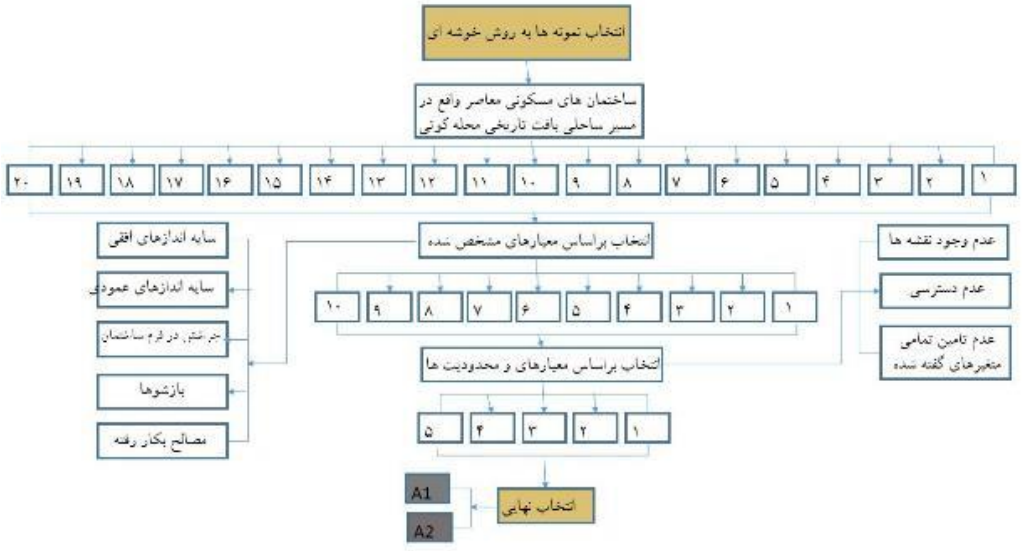
Tab. 3- Obtained data from the analysis of shading devices implemented on the coastal edge in the historical contexts

داده‌ها	توضیحات
h=2.6~3	ارتفاع شناشیرها متناسب با ارتفاع پنجره‌های موجود در ضوابط
a=80 cm	عمق تورفتگی و یا بیرون آمدگی در حجم ساختمان و یا شناشیرهای تغییریافته
b	طول سایه‌انداز متناسب با تعداد پنجره‌ها (ترکیب پنجره‌ها 3، 5 و 7 است)
h'=1	ارتفاع جان‌پناه و ایجاد شبکه جهت دریافت باد غالب غرب
h''=90	ارتفاع جان‌پناه شناشیرها

جدول4- تحلیل سایه‌اندازهای اجرا شده در دیواره ساحلی بافت تاریخی

Tab. 4- Analysis of shading devices implemented on the coastal edge in the historical contexts

نوع سایه‌انداز مبتنی بر استقرار در بنا	پلان	حجم	اجزا سایه‌انداز افقی	جهت	تعداد در هر جهت
سایه‌انداز بیرونی			دارای سقف شیب‌دار 45 درجه	شمال غرب	0
			سه طرف باز		
			ارتفاع جان‌پناه شنا شیر حداقل 90 سانتی‌متر	جنوب غرب	3
			دارای سقف مسطح، ارتفاع لبه سقف 60 سانتی‌متر	غرب	2
			سه طرف باز		
			ارتفاع جان‌پناه شناشیر حداقل 90 سانتی‌متر		
			دارای سقف شیب‌دار 45 درجه	غرب	0
			سه طرف بسته	شمال غرب	1
تورفتگی در حجم و ادغام با سایه‌انداز			ارتفاع لبه بالایی 60 سانتی‌متر	شمال غرب	2
			ارتفاع جان‌پناه تورفتگی حداقل 90 سانتی‌متر		
			دو طرف باز	جنوب غرب	4
			دارای سقف شیب‌دار 45 درجه	غرب	1
			سه طرف بسته		



شکل6- انتخاب نمونه با استفاده از روش آماری (روش خوشه‌ای)

Fig. 6- Sampling by statistical analysis (cluster sampling)

2-2-2-معیارهای مدنظر جهت انتخاب نمونه‌های منتخب

مطابق با ضوابط بافت تاریخی، موقعیت سایت و اهمیت موضوع، 30 معیار مورد نظر تعیین و به روش دلفی مورد سنجش قرار گرفت. سپس به روش روایی محتوایی عوامل شناسایی‌شده، اعتبار سنجی شده است. به منظور برآورد روایی پرسشنامه در این پژوهش از اعتبار محتوا استفاده شد. برای این منظور از روایی

محتوایی به روش CVR و تحلیل عاملی تأییدی استفاده شد. در این پژوهش، پس از مطالعه ادبیات تحقیق و مصاحبه با خبرگان، درمجموع 14 مؤلفه اصلی و 16 مؤلفه فرعی شناسایی شد. در ادامه، جهت اطمینان از واقعی بودن ابعاد و مؤلفه‌های شناسایی شده و مشخص شدن اعتبار این مؤلفه‌ها از روش دلفی استفاده شد. سپس، پرسشنامه طراحی شده به روش روایی محتوایی و پایایی با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS میزان ضریب پایایی با روش آلفای کرونباخ محاسبه شد و مطابق با جدول5، نتایج نشان دهنده این است که این پرسشنامه از پایایی قابل قبول و مناسبی برخوردار است.

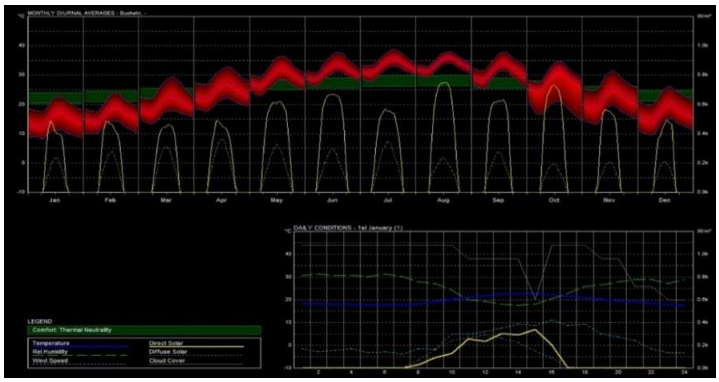
جدول5- مقدار آلفای کرونباخ پرسشنامه پژوهش

Tab. 5- Cronbach's alpha amount of research questionnaire

پرسشنامه	آلفای کرونباخ	نتیجه آزمون
پایایی کل	0.745	تائید

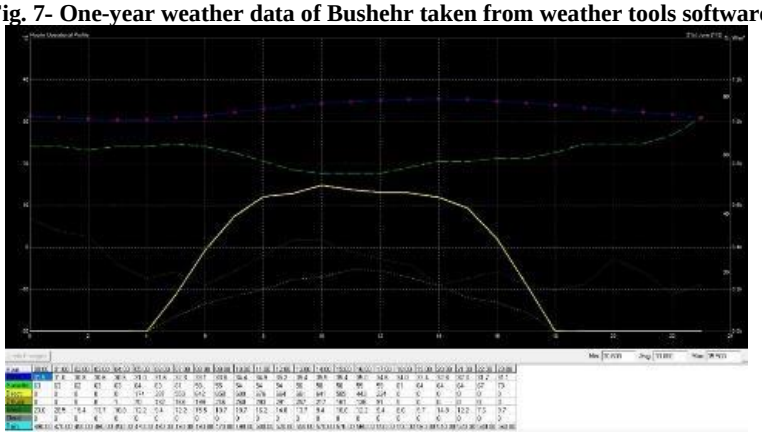
3-2-2- جمع‌آوری داده‌های اقلیمی به منظور تولید فایل اقلیمی شبیه سازی

ابتدا عوامل مؤثر بر منطقه اقلیمی بستر پژوهش را شناسایی کرده و سپس هر کدام از این عوامل در شهر بوشهر بررسی شده است. اطلاعات اقلیمی بر اساس داده‌های آب و هوایی و نرم‌افزار متئونورم برای بازه‌های یک‌ساله بوشهر گرفته شده است. با توجه به داده‌های خروجی گرفته شده از سایت https://weatherspark.com که به عنوان مرجعی برای داده‌های آب و هوایی می‌توان از آن نام برد، به مقایسه‌ای بین داده‌های خروجی گرفته شده از متئونرم و داده‌های ثبت شده در این سایت در تاریخ یک تیرماه 1399 مورد بررسی و تحلیل قرارگرفته است. داده‌های سالانه بوشهر در تصاویر 7، 8 و9 نمایش داده می‌شود. آنچه از مقایسه داده‌های خروجی فایل بوشهر و داده‌های سایت در تاریخ برداشت شده می‌توان مشاهده کرد، داده‌ها دارای تقریب یکسانی است که اعتبار سنجی داده‌های نرم‌افزار را برای ما مشخص می‌نماید.



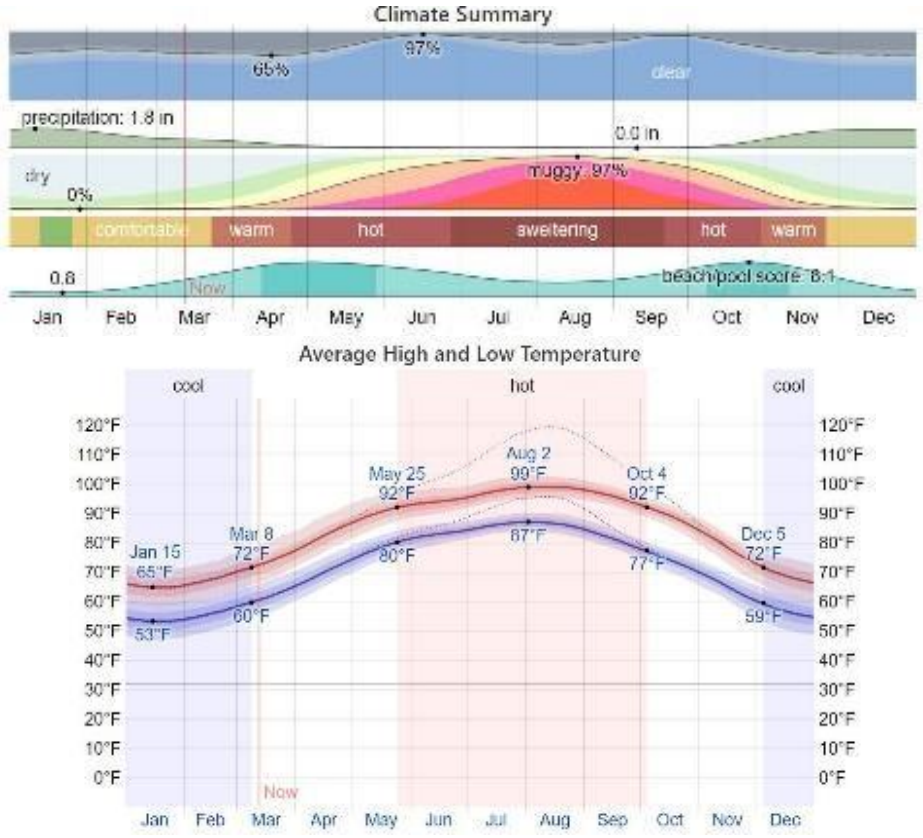
شکل7- داده‌های آب و هوایی یک‌ساله بوشهر گرفته‌شده از طریق نرم‌افزار weather tools

Fig. 7- One-year weather data of Bushehr taken from weather tools software



شکل8- داده‌های آب و هوایی تا تاریخ یک تیرماه بوشهر گرفته‌شده از طریق نرم‌افزار weather tool

Fig. 8- Weather data up to the date of July 1st of Bushehr taken from weather tools software



شکل 9- داده‌های دمایی سالانه بوشهر و مینیموم و ماکسیسموم دمایی

Fig. 9- Annual temperature data of Bushehr and minimum and maximum temperature

مطابق با مطالعات ایماس، به‌منظور شبیه‌سازی مدل‌های انتخابی می‌توان از اطلاعات آب و هوایی استفاده کرد که شامل؛ رکوردهای ساعتی از متغیرهای اصلی آب و هوا همچون؛ سرعت باد، رطوبت نسبی، تابش و دما در نزدیک‌ترین فاصله به مدل‌های منتخب است (Eames, 2016). به منظور برداشت داده‌های آب و هوایی مورد نیاز در روند این پژوهش به شیوه میدانی، استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری در پشت بام ساختمان‌های منتخب به منظور برپا کردن یک ایستگاه هواشناسی محلی با توجه به اپیدمی حاکم بر کشور میسر نشد. به همین منظور از داده‌های پژوهشگرانی که در محله کوتی، نزدیکی سایت مورد نظر این ایستگاه را برپا کرده بودند، بهرهگیری شد (شکل10). این ایستگاه محلی، تنها اطلاعات اقلیمی کوتاه مدت به‌وسیله دیتالاگرهای اتوماتیک با مشخصات ذکر شده در جدول 6 در طول یک سال را گردآوری کرده است (Mohammadi,2018). در بررسی عملکرد حرارتی مدل‌های اندازه‌گیری دمای هوا در یک یا چند روز متوالی و جمع‌آوری اطلاعات از متغیرهای با بیشترین کارآیی استفاده شده است. اندازه‌گیری دما در 5 روز متوالی در هر ماه در بازه‌های زمانی یک ساعته صورت گرفته است.

جدول 6- مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری(Mohammadi,2018)

Tab. 6- Specifications of measuring equipment

پارامترهای محیطی	مدل	محدوده اندازه‌گیری		دقت	
		دما	رطوبت	دما	رطوبت
دما و رطوبت نسبی	MCI-98583	-40~85C	0/1 ~99/9 %	+,-0/6 C	+,-3 %
سرعت باد	TES-AVM-07	0 ~ 45 m/s		+,-3 % ~ +,-3 ٪	

شکل10- تجهیزات اندازه‌گیری: (a) دیتالگرد باد؛ (b) دیتالاگر دما و رطوبت؛ (c)، (d)، (e) و (f) به ترتیب ایستگاه محلی در پشت بام ساختمان‌های تاریخی واقع در محله کوتی نزدیک به ساختمان‌های منتخب این پژوهش(Mohammadi,2018)

Fig. 10- Measuring equipment: (a) wind datalogger; (b) temperature and humidity data logger; (c), (d), (e) and (f) respectively, the local station on the roof of the historical buildings located in Koti neighborhood near the selected

از این رو، دماهای اندازه‌گیری شده بر روی بام بناهای سنتی واقع در محله کوتی که در طول یک سال توسط سایر پژوهشگران برداشت شده به فایل اقلیمی شهر بوشهر اضافه شد. بدین منظور با بهره بردن از داده‌ها و اطلاعات میدانی اعتبار سنجی شده در پژوهش‌های پیشین نزدیک به نمونه‌های منتخب این پژوهش در محدوده بافت تاریخی کوتی و میانگین 30 ساله داده‌های آب و هوایی نرم‌افزار متئونورم، درنهایت فایل اقلیمی مختص هرکدام از نمونه‌های منتخب در این پژوهش، تولید شد. به دلیل عدم وجود فایل اقلیمی شهر بوشهر، از برنامه متئونورم استفاده و از داده‌های ایستگاه هواشناسی بین‌المللی نزدیک به شهر بوشهر، فایل اقلیمی در نهایت تهیه شد.

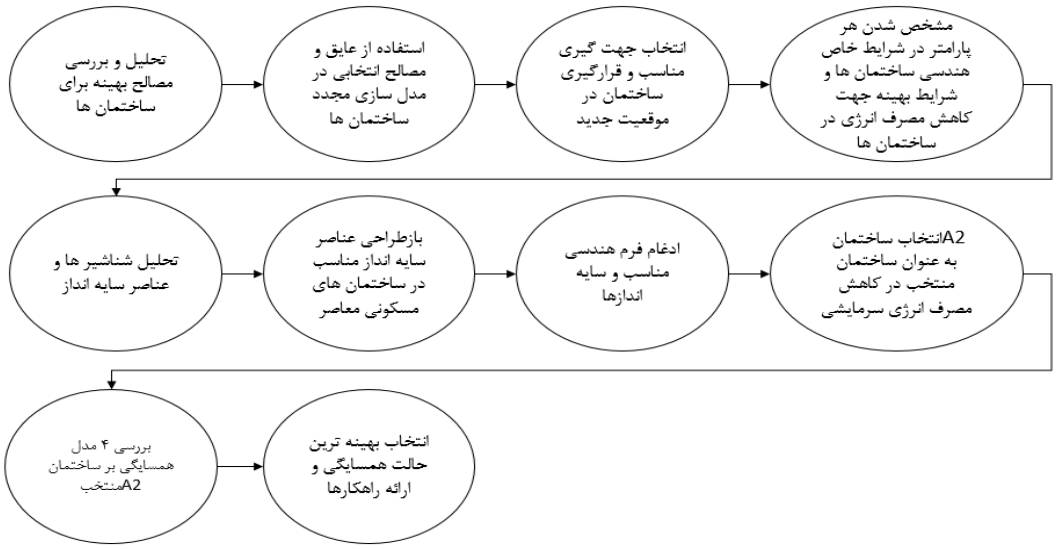
3- نتایج و بحث

3-1-شبیه سازی مدل‌های منتخب A1 و A2

در این پژوهش، پس از انتخاب ساختمان‌های منتخب A1 و A2، نخست شرایط اقلیمی و مصرف انرژی ساختمان‌ها مورد بررسی قرار گرفت و سپس براساس تحلیل هشت‌گانه بررسی شد: تحلیل وضع موجود، تحلیل سایبان بهینه، جهت‌گیری بهینه ساختمان، تغییر جهت تراس اصلی ساختمان، تحلیل عایق حرارتی پوسته ساختمان، تغییرات فرمی و افزایش سایه‌اندازی حالت تلفیقی و ترکیب فرم ساختمانی و پوسته خودسایه‌انداز، و در انتها بررسی مدل‌های همسایگی، مطابق با شکل11، روش تحلیل به صورت خطی است. در مرحله اول پژوهش، ساختمان‌های منتخب شبیه‌سازی و میزان مصرف انرژی گرمایش، سرمایش و روشنایی تعیین شد. این مرحله شامل: تغییر زاویه قرارگیری ساختمان نسبت به جهت شمال، عایق‌بندی پوسته حرارتی، تغییر جهت اصلی‌ترین سطح بازشو، درصد سطوح بازشو، نوع سایه‌انداز پنجره‌هاست. ساختمان‌های منتخب با حداکثر شباهت از لحاظ مصالح، ساختار و ارتفاعِ وضعیت موجود، مورد شبیه‌سازی قرار گرفتند. داده‌های ورودی به نرم‌افزار، در 3 بخش فعالیت‌ها، ساختار، مصالح و سیستم‌های تأسیسات، وارد شده است (شکل 12).

ابتدا مدل‌های اولیه ساختمان‌ها با شرایط موجود و با توجه به داده‌های ورودی، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند.

در جدول 7 تمامی مراحل تحلیل و بررسی، کاهش و افزایش میزان مصرف انرژی نسبت به تغییرات اعمال شده در هر یک از ساختمان‌ها را نشان می‌دهد که شامل وضع موجود، جهت‌گیری، عایق‌بندی، عناصر سایه‌انداز، فرم هندسی و ... است. در شکل13 میزان مصرف انرژی اولیه و مقایسه هر دو ساختمان را در شرایط تغییر بازشو اصلی آن‌ها نشان می‌دهد.

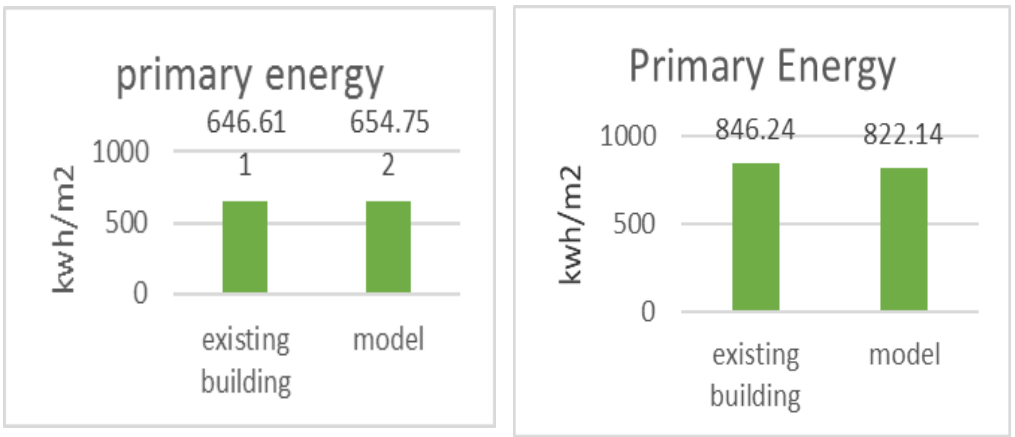


شکل11- روش تحلیل در شبیه‌سازی به صورت خطی

Fig. 11- Analysis method in linear simulation

شکل12- وضعیت موجود ساختمان A1 سمت چپ و A2 سمت راست

Fig. 12- The current situation of building A1 on the left and A2 on the right

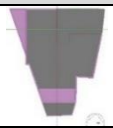
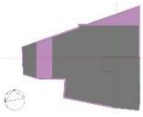
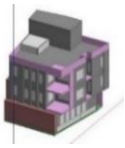


شکل13-میزان مصرف انرژی اولیه و مقایسه هر دو ساختمان در شرایط تغییر بازشو اصلی، راست:A1 – چپ: A2

Fig. 13- The amount of primary energy consumption and comparison of both buildings under the condition of changing the main opening, right: A1 - left: A2

جدول 7- خلاصه میزان مصرف انرژی در حالت‌های مختلف راهبردهای غیرفعال برای ساختمان‌های انتخابی بر حسب kwh/m2

Tab. 7- Summary of energy consumption in different modes of passive strategies for selected buildings in terms of kwh/m2

بهترین حالت در هر دسته آنالیز	شکل تغییرات مدل A1	شکل تغییرات مدل A2	انرژی اولیه A1	انرژی اولیه A2	کاهش / افزایش
وضعیت موجود			846.23	646.61	-
زاویه 135 درجه A1			786.73	615.42	هردو کاهش دو جهت‌گیری مختلف
زاویه 105 درجهA2					
عایق‌بندی سقف و بدنه	-	-	737.01	580.32	هردو کاهش
سایبان بهینه 90 سانتی‌متری			778.05	617.41	هردو طول پیشامدگی ثابت
تغییر جهت اصلی‌ترین بازشو			846.23	654.39	بدون تغییر / افزایش مصرف
تغییرات هندسه فرمی و پوسته خود سایه‌انداز			822.14	654.7	کاهش محسوس / افزایش مصرف

با بررسی‌های انجام شده فرم مناسب به منظور طراحی در دیواره ساحلی بافت تاریخی با چشم‌انداز رو به ساحل، مطابق با فرم اثبات شده بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته در پژوهش مطابق با جدول 8، نشان می‌دهد که با اجرای راهبرد مناسب جهت ایجاد تورفتگی در جبهه‌ی جنوب غربی فرم ساختمان‌های مسکونی واقع در دیواره ساحلی، مصرف انرژی سرمایشی در ساختمان A1 به میزان 3 درصد نسبت به حالت اولیه کاهش می‌یابد و ساختمان A2 از نظر فرمی مناسب‌تر بوده است و نیازی به بازطراحی فرمی نیست. جهت‌گیری مناسب برای ساختمان A1، 135 درجه نسبت به شمال است و برای ساختمان A2 زاویه 105 است که این نشان از تفاوت اندک در فرم کلی هر دو ساختمان است (جدول9).

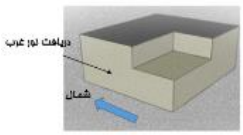
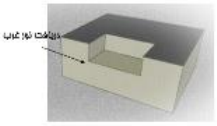
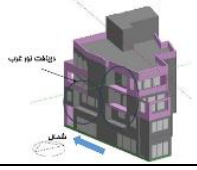
ساختمان‌های منتخب در 4 حالت با پیش‌آمدگی‌های مختلف شبیه‌سازی‌شده است.

1- در حالت اول پیش‌آمدگی به‌صورت صفحه افقی به عرض 30 سانتیمتر و عمود بر نما، در ترازبالای پنجره قرارگرفته است.

2- در حالت دوم پیش‌آمدگی به‌صورت صفحه عمودی به ارتفاع 73 سانتیمتر (فاصله بالای پنجره تا کف طبقه) و به فاصله 30 سانتیمتر از نما قرارگرفته است.

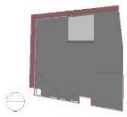
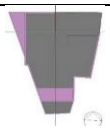
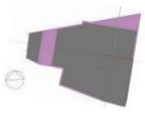
جدول8- فرم مناسب مطابق با ضوابط بافت تاریخی بوشهر

Tab. 8- Appropriate form in accordance with historical context guidelines

فرم‌های پیشنهادی ضوابط بافت تاریخی	ساختمان‌های منتخب		نتایج	
	A1		تغییر در فرم جبهه جنوب غربی ساختمان مطابق با الگوی فرمی بافت دیواره ساحلی به‌منظور کاهش دریافت نور غرب و ایجاد سایه بر حجم بنا	3 درصد کاهش انرژی اولیه
	A2		ایجاد فرورفتگی در فرم ساختمان مطابق با الگوی بافت دیواره ساحلی به‌منظور کاهش دریافت نور غرب و ایجاد سایه بر حجم بنا (پوسته خود سایه‌انداز)	2 درصد افزایش انرژی اولیه

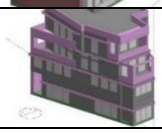
جدول9- میزان کاهش مصرف انرژی سرمایشی از طریق جهت گیری مناسب در ساختمان‌های منتخب

Tab. 9- The amount of cooling energy consumption reduction through proper orientation in selected buildings

ساختمان منتخب	فرم اولیه	فرم چرخش یافته	زاویه چرخش	میزان کاهش مصرف انرژی سرمایشی
A1			135 درجه به سمت شمال	7درصد
A2			105درجه به سمت غرب	4.5درصد

جدول 10- مدل‌های شبیه‌سازی‌شده عناصر سایه‌انداز خارجی مشبک در محیط نرم‌افزار ساختمان A1 و A2

Tab. 10- The simulated models of external mesh shading elements in the A1 and A2 building in software environment

	1	2	3	4
مدل A1				
مدل A2				

جدول 11-میزان مصرف انرژی در ساختمان A1 و A2 برحسب kwh/m2 در حالت وضع موجود و مدل (2) و مدل (1) سایه‌انداز خارجی.

Tab. 11- The amount of energy consumption in buildings A1 and A2 in terms of kwh/m2 in the existing state and model (2) and model (1) of external shading

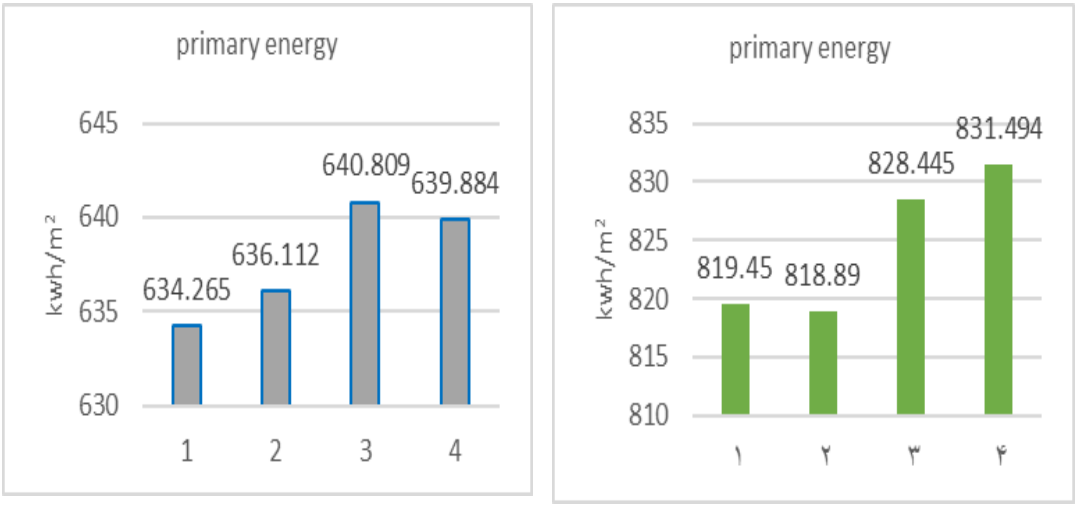
	روشنایی	گرمایشی	سرمایشی	انرژی کلی	انرژی اولیه
ساختمان منتخب A1	27.21	1.13	207.51	235.85	846.24
مدل شماره دو	27.33	1.27	199.74	228.34	818.89
درصد کاهش	+0.44%	+12.38%	-3.74%	-3.18%	-3.23%
ساختمان منتخب A2	24.42	1.65	154.69	180.76	646.61
مدل شماره یک	24.44	1.75	151.21	177.44	634.26
درصد کاهش	-0.04%	+1.89%	-1.42%	-1.19%	-1.14%

3- در شبیه‌سازی حالت سوم، پیش‌آمدگی به‌صورت لوورهای موازی با نمای ساختمان به ارتفاع 73 سانتیمتر (فاصله بالای پنجره تا کف طبقه) و به فاصله 30 سانتیمتر از نما قرارگرفته است.

4- در حالت چهارم پیش‌آمدگی به‌صورت لوورهای افقی به عرض 30 سانتیمتر و عمود بر نما، در ترازبالای پنجره قرارگرفته است.

در جدول 10 حالت‌های مدل‌سازی شده سایبان‌های مشبک در محیط نرم‌افزار نشان می‌دهد، مدل شماره 2 برای ساختمان A1 و مدل شماره 1 برای ساختمان A2 بهترین حالت را به خود اختصاص می‌دهد. جدول شماره 11 میزان مصرف انرژی در هر دو ساختمان، با عناصر سایه‌انداز خارجی در حالت‌های مختلف و برحسب (kwh/m2) مطابق با شبیه‌سازی و تحلیل‌ها را نشان می‌دهد که کمترین میزان مصرف انرژی اولیه مربوط به مدل شماره (2) و شماره(1) است. شکل14 مقایسه حالت‌های مختلف سایه‌اندازها، جهت مجموع میزان مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های منتخب را نشان می‌دهد. ازآنجایی‌که میزان مصرف انرژی ساختمان‌های منتخب برحسب هر یک مترمربع متراژ ساختمان برآورد شده است، تفاوت در میزان مساحت هر دو ساختمان مشکلی ایجاد نمی‌کند و شرایط بهتر ساختمان A2 قابل‌مشاهده است. طبق تحلیل انجام شده و نتایج آن مطابق با جدول 12 در ساختمان A1 پیش‌آمدگی به صورت صفحه عمودی به ارتفاع 73 سانتیمتر (فاصله بالای پنجره تا کف طبقه) و به فاصله 30 سانتیمتر از نما قرارگرفته که به میزان 3.5 درصد موجب کاهش مصرف انرژی سرمایشی شد. در ساختمان A2 پیش‌آمدگی به صورت صفحه عمودی به ارتفاع 73 سانتیمتر (فاصله بالای پنجره تا کف طبقه) و به فاصله 30 سانتیمتر از نما قرارگرفته که به میزان 2 درصد موجب کاهش مصرف انرژی سرمایش شد. با توجه به خروجی‌ها و تحلیل‌های صورت گرفته از مدل‌های شش‌گانه، حالت‌های بهینه برای هر مدل انتخاب شده و به‌صورت یکپارچه در هر دو ساختمان مدل‌سازی شده است(جدول 13).

هر دو مدل تلفیقی سپس مورد تحلیل و بررسی قرارگرفته و بر اساس نتایج آورده شده در جدول 14 در مدل ساختمان A1 علی‌رغم افزایش انرژی روشنایی و گرمایشی، انرژی سرمایشی نسبت به وضع موجود 29.62٪ کاهش و در پی آن انرژی اولیه به میزان 24.86٪ نیز کاهش یافته‌است. این در صورتی است که در مدل ساختمان A2 انرژی سرمایشی نسبت به وضع موجود 18.31٪ کاهش و در پی آن انرژی اولیه به میزان 15.91٪ کاهش یافته‌است.

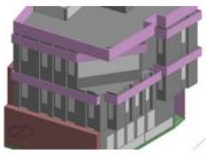
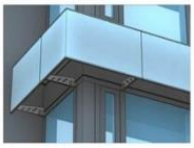
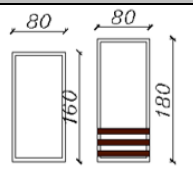
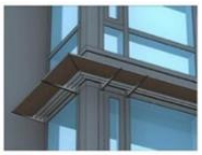
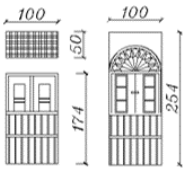


شکل14- میزان مصرف انرژی اولیه در ساختمان A1 و A2 با عناصر سایه‌انداز خارجی

Fig. 14- The amount of primary energy consumption in building A1 and A2 with external shading elements

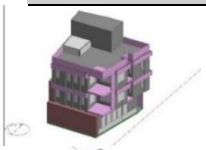
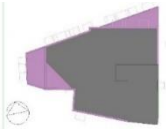
جدول12- سایه‌اندازهای افقی متناسب با ابعاد پنجره‌ها جهت کاهش میزان مصرف انرژی سرمایشی

Tab. 12- Horizontal shading devices that fit the dimensions of the windows to reduce cooling energy consumption

ساختمان‌های منتخب	الحاق سایه‌اندازهای افقی به‌روز شده	ابعاد پنجره‌ها مطابق با ضوابط	میزان کاهش مصرف انرژی سرمایشی
A1 			3.5 درصد کاهش
A2			2درصد کاهش

جدول13- تصاویر مدل‌سازی ساختمان‌ها در نرم‌افزار، مدل تلفیقی

Tab. 13- Buildings modeling images in software, integrated model

	نمای بالا	جزییات	دید سه بعدی
مدل تلفیقی A1			
مدل تلفیقی A2			

جدول 14- میزان مصرف انرژی هر دو ساختمان در مدل تلفیقی برحسب kwh/m2

Tab. 14- The amount of energy consumption of both buildings in the integrated model in kwh/m2

	روشنایی	گرمایشی	سرمایشی	انرژی کلی	انرژی اولیه
وضع موجود ساختمانA1	27.21	1.13	207.51	235.85	846.24
مدل تلفیق A1	29.95	2.04	146.04	178.03	635.8
درصد کاهش	%+10.06	%+80.53	%-29.62	%+24.51	%-24.86
وضع موجود ساختمانA2	24.42	1.65	154.69	180.76	646.61
مدل تلفیق A2	24.28	1.3	126.36	151.94	543.72
درصد کاهش	%+0.75	%-21.21	%-18.31	%-15.94	%-15.19

آنچه از مقایسه دو ساختمان منتخب حاصل می‌شود، توجه به شرایط طراحی فرم بهینه، سایه‌اندازها و نوع طراحی حجم ساختمانی از اهمیت فراوانی برخوردار است.

براساس طراحی اولیه ساختمان A2 این نتیجه حاصل شد که شرایط میزان مصرف انرژی وضع موجود آن از مقدار مطلوب‌تری نسبت به ساختمان A1 برخوردار است. در این دو ساختمان با قرارگیری در راستای یک خیابان، جهت جغرافیایی یکسان و شرایط ارتفاعی نزدیک به هم میزان مصرف انرژی برای هر یک مترمربع متفاوت است. ساختمان A2 با توجه به داشتن تخلخل‌های فرمی و بالکن سایه‌انداز، در وضع موجود شرایط مناسب را برای محیط اقلیمی خود مهیا کرده است.

3-2-تأثیر همجواری ساختمان ها بر کاهش مصرف انرژی سرمایشی

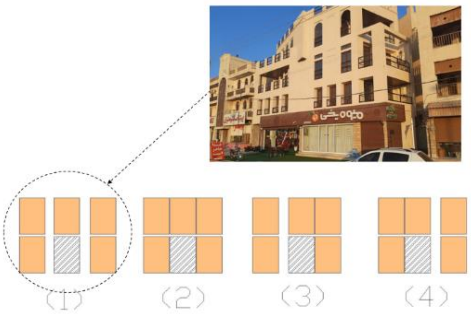
در این بخش از پژوهش، از میان ساختمان‌های منتخب، ساختمان A2 با کشیدگی بیشتر، میزان سطح

به حجم آن (SUV) و یا حتی میزان بازشوهای موجود در جبهه‌های مختلف خود می‌توان گفت در وضع موجود دارای مصرف انرژی کمتری نسبت به ساختمان A1 است که با بهره‌گیری از روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش عمده‌ای داشته است. در نتیجه، به بررسی تأثیر هم‌جواری و هم‌پوشانی این ساختمان بر میزان کاهش مصرف انرژی سرمایشی پرداخته شده است. لذا، مطابق با شکل15، در روند انجام این بخش از پژوهش، وضعیت همسایگی ساختمان A2 مورد شبیه‌سازی و تحلیل قرارگرفته است. در این بخش از تحلیل، مبنای اصلی بر اساس همسایگی وضع موجود با عنوان مدل شماره 1 مشخص‌شده است و دیگر مدل‌ها بر اساس شکل16 مورد تحلیل و مقایسه با وضع موجود قرارگرفته است. در هر یک از تحلیل‌های مدل‌های چهارگانه، میزان مصرف انرژی ماهانه و سالانه به‌صورت نمودار ارائه‌شده و در هر قسمت به تحلیل و بررسی آن پرداخته می‌شود. تمامی تنظیمات مدل‌های چهارگانه در این بخش، بر اساس تنظیمات و مصالح به‌کار رفته در بخش پیشین است و هیچ تغییری در این قسمت‌ها صورت نگرفته است. همچنین ارتفاع مربوط به ساختمان‌های هم‌جوار در این قسمت از تحلیل، طبق ضوابط دیواره ساحلی بافت کوتی، هم‌ارتفاع با ساختمان منتخبA2 است. نتایج نشان می‌دهد که چیدمان ساختمان در چهار حالت موجود، موجب تغییر در میزان مصرف انرژی سرمایشی می‌شود.

مطابق با بررسی‌های صورت گرفته، مدل شماره دو دارای کمترین میزان تبادل حرارت گرمایی با محیط بیرون بوده و در نتیجه میزان تابش بر روی دیواره‌ها کاهش یافته و انتقال حرارت به داخل ساختمان امکان‌پذیر نخواهد بود که این امر باعث کاهش استفاده از دستگاه‌های سرمایشی مانند کولر خواهد شد. در مدل شماره سه و چهار بر اساس اینکه در کدام جهت، همسایگی وجود دارد، میزان مصرف انرژی و میزان تابش بر دیواره‌ها متفاوت خواهد بود. مطابق با شکل17 مدل شماره سه با توجه به همسایگی در جبهه‌های شرقی و جنوبی نسبت به مدل‌های یک و چهار، از کمترین میزان مصرف انرژی برخوردار است. با توجه به چرخش خورشید در تابستان از جبهه شمال شرق به جبهه شمال غربی و زاویه تابش نسبت به ضلع عمود در جنوب در بعدازظهرهای تابستان باعث تغییر در میزان مصرف انرژی ساختمان منتخب در مدل‌های سه، یک و چهار که دارای کوچه‌های یک متری در یک یا دو جهت هستند، شده‌است.

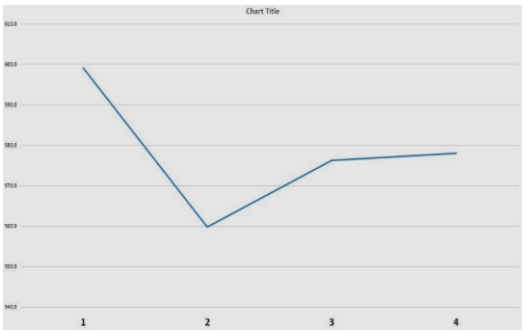
شکل15- ساختمانA2 و همجواری‌های آن

Fig. 15- The A2 building and its neighbors



شکل16- چهار حالت همسایگی موجود در لبه ساحلی بافت تاریخی محله کوتی جهت تحلیل و بررسی

Fig. 16- The four types of neighborhoods in the coastal edge in the historical contexts of Koti neighborhood for analysis and investigation



شکل17- مقایسه میزان مصرف انرژی اولیه در چهار مدل همسایگی

Fig.17- Comparing the amount of primary energy consumption in four neighborhood models

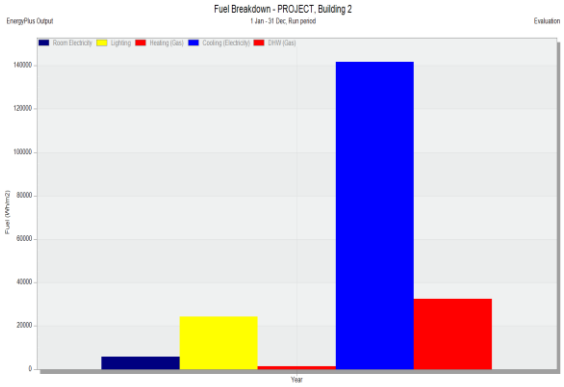
1-2-3-تأثیر همجواری بر مدل تلفیقی ساختمان منتخب A2

بر اساس تحلیل‌های صورت‌گرفته در بخش تأثیر همسایگی بر میزان مصرف انرژی سرمایشی، مدل شماره دو با همسایگی در سه‌جبهه اصلی ساختمان، دارای کمترین میزان مصرف انرژی سرمایشی است. در این بخش از پژوهش مطابق با شکل18، مدل تلفیقی حاصل از ادغام سایه‌اندازها با فرم ساختمان منتخب A2 را در مدل همسایگی شماره دو قرار داده و میزان کاهش مصرف انرژی آن مورد بررسی واقع شده‌است. شکل19 میزان مصرف انرژی در مصارف مختلف ازجمله سرمایش، گرمایش و روشنایی را به صورت سالانه و ماهانه نشان می‌دهد. بر اساس میزان هر یک از موارد و در با نظر گرفتن ضرایب مصرف انرژی اولیه، شکل20 حاصل می‌شود که بیشترین میزان مصرف انرژی معادل 141.75 کیلووات ساعت بر مترمربع به بخش سرمایش اختصاص دارد و به ترتیب روشنایی و گرمایش دیگر مصارف انرژی را به خود اختصاص می‌دهند.

شکل18- قرارگیری مدل تلفیقی ساختمان منتخب A2 در حالت شماره 2 همسایگی

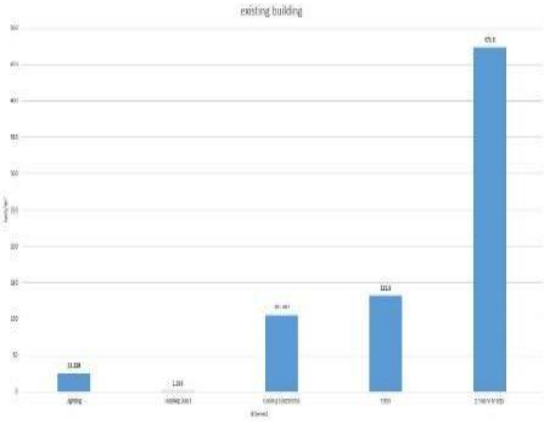
Fig. 18- Placement of the consolidated model of the selected building A2 in the neighborhood mode number 2

همچنین میزان مصرف انرژی اولیه در این حالت تلفیقی با در نظر گرفتن سه طرف همسایگی به‌عنوان بهترین مدل دارای 473.8 کیلووات ساعت است که در مقایسه با دیگر مدل‌های چهارگانه دارای 100 کیلووات بر مترمربع کاهش مصرف انرژی است که میزان قابل‌توجهی است.



شکل19- میزان مصرف انرژی در مصارف مختلف خانگی به‌صورت ماهانه، مدل تلفیقی واقع در حالت شماره2

Fig.19- The amount of energy consumption in various household uses on a monthly basis, the consolidated model located in mode number 2

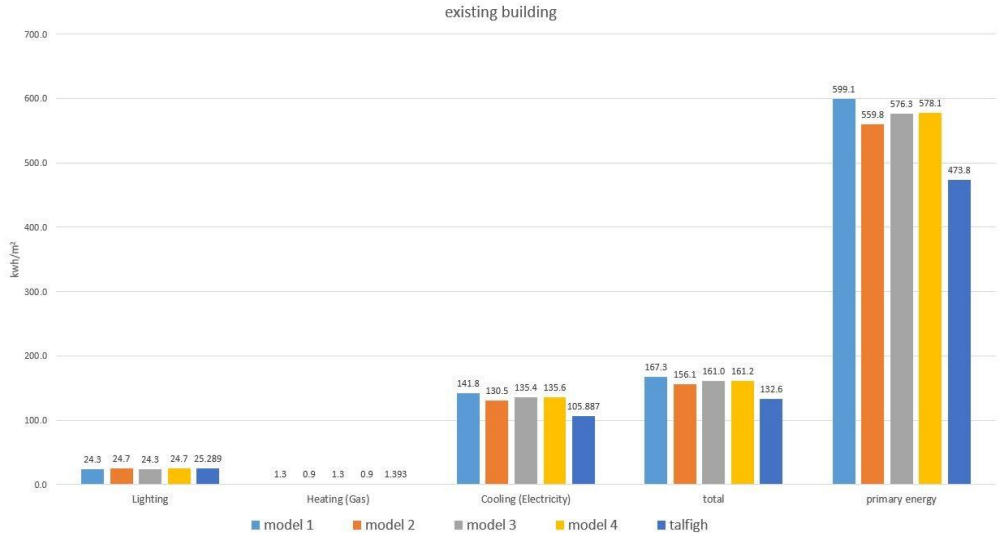


شکل20- میزان مصرف انرژی اولیه و مجموع، مدل تلفیقی واقع در حالت شماره2

Fig.20- The amount of energy consumption in various household uses on a monthly basis, the consolidated model located in mode number 2

طبق نتایج حاصل از تحلیل چهار حالت همسایگی موجود در دیواره ساحلی بافت کوتی مطابق با جدول 15، مدل شماره دو با سه جبهه همسایگی، مدل بهینه است و بعد از آن به ترتیب مدل‌های شماره سه، چهار و یک در حالت بهینه قرار دارند. سپس، مدل تلفیقی برگزیده از ادغام سایه‌اندازها با فرم ساختمان منتخب A2 در مدل شماره دو همسایگی قرارگرفته و با چهار حالت قبلی مقایسه شده است که تفاوت عمده‌ای را می‌توان از این مقایسه، مشاهده نمود. در شکل21 به مقایسه تمامی مصارف انرژی روشنایی، گرمایش و سرمایش، مجموع و انرژی اولیه پرداخته‌شده است.

میزان مصرف انرژی اولیه مدل تلفیقی با سه طرف همسایگی (مدل شماره دو) معادل 473.8 کیلووات ساعت بر متر مربع است که در مقایسه با حالات دیگر، انرژی اولیه به میزان 20.92٪ نیز کاهش یافته است. وجود کوچه‌های باریک در دیواره ساحلی بافت تاریخی مطابق با جدول 16، انتقال جریان باد از سمت دریا به داخل بافت متخلخل برای ایجاد تهویه طبیعی، درگذشته ثمربخش بوده، اما با توجه به نوسازی ساختمان‌های دیواره بافت تاریخی و به دلیل عدم همپوشانی با ساختمان‌های مجاور، موجب افزایش مصرف انرژی سرمایشی در ساختمان‌ها می‌شوند. نتیجه حاصله نشان می‌دهد که ساختمان از سه طرف بسته، باعث کاهش مصرف انرژی سرمایشی شده، لذا اجرای عایق حرارتی دیوار در ساختمان‌های هم‌جوار با کوچه‌های باریک امری ضروری است. نتایج حاصل از تحلیل‌های صورت گرفته در چهار حالت همسایگی موجود در دیواره ساحلی بافت تاریخی کوتی و ادغام آن با مدل تلفیقی (ادغام سایه‌اندازها با فرم ساختمان A2)، مطابق با جدول 17 میزان کاهش مصرف انرژی سرمایشی را مشخص می‌کند.



شکل 21- مقایسه تمامی مصارف انرژی در 4 حالت همسایگی با مدل تلفیقی

Fig.21- omparison of all energy consumptions in 4 neighborhood modes with integrated model

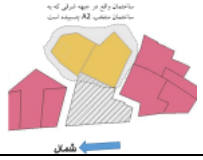
جدول15- خلاصه نتایج تحلیل‌های چهار حالت همسایگی و قرارگیری مدل تلفیقی ساختمان A2 در بهترین حالت

Tab. 15- Summary of the results of the analysis of the four neighborhood modes and the placement of the integrated model of the A2 building in the best mode

تأثیر همسایگی در 5 حالت بر میزان مصرف انرژی	مصارف انرژی		مدل یک	مدل دو	مدل سه	مدل چهار	مدل تلفیقی
	نیاز به انرژی kwh/m²	روشنایی	24.26	24.73	24.27	24.72	25.28
		گرمایشی	1.29	0.8	1.32	0.8	1.39
		سرمایشی	141.75	130.5	135.4	135.59	105.88
		اولیه	599.07	559.8	576.32	578.1	473.8
	کاهش مصرف بر اساس درصد		-	-6.56٪	-3.8٪	-3.5٪	-20.92٪

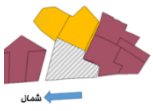
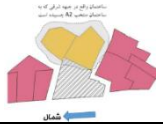
جدول16- تأثیر هم‌جواری در میزان مصرف انرژی سرمایشی

Tab. 16- The effect of neighborhood on cooling energy consumption

انواع همسایگی	پلان	توضیحات	میزان کاهش مصرف انرژی سرمایشی
وضع موجود		کوچه یک متری در ضلع جنوبی و شمالی و دارای همسایگی از ضلع شرقی	افزایش مصرف انرژی در حالت موجود
حالت اول		کوچه یک متری در ضلع شمالی و دارای همسایگی از جنوب و شرق	افزایش میزان مصرف انرژی
حالت دوم		کوچه یک متری در ضلع جنوبی و دارای همسایگی از شمال و شرق	به دلیل چرخش خورشید در تابستان از جبهه شمال شرق به شمال غرب میزان مصرف انرژی نسبت به حالت اول و وضع موجود کمتر است
حالت سوم		بدون کوچه و دارای همسایگی از شمال، جنوب و شرق	کمترین میزان تبادل حرارت گرمایی با محیط بیرون و کاهش میزان تابش بر روی دیواره‌ها و انتقال حرارت به داخل ساختمان

جدول17- نتایج تحلیل‌های چهار حالت همسایگی و قرارگیری مدل تلفیقی ساختمان A2 در بهترین حالت

Tab. 17- The results of the analyzes of the four neighborhood modes and the placement of the integrated model of the A2 building in the best mode

مدل تلفیقی	مدل چهار	مدل سه	مدل دو	مدل یک	مصارف انرژی و مدل‌ها	تأثیر همسایگی در 5 حالت بر میزان مصرف انرژی
هم‌جواری و مدل تلفیقی					انواع مدل همسایگی	
105.88	135.59	135.4	130.5	141.75	انرژی سرمایشی براساس kwh/m^2	
-20.92٪	-3.5٪	-3.8٪	-6.56٪	-	میزان کاهش مصرف بر اساس درصد	

3-نتایج و بحث

همان‌طور که قبلا گفته شد، پژوهش حاضر با در نظر گرفتن تأثیر هم‌جواری ساختمان‌های معاصر واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی بر میزان مصرف انرژی سرمایشی در داخل بنا از طریق ادغام عناصر سایه‌انداز بر جبهه غربی ساختمان در اقلیم گرمو مرطوب بوشهر، به دنبال درک محاسن این روش و دلایل علمی آن جهت کاهش دریافت نور غرب می‌پردازد.

طبق یافته‌های این پژوهش، تورفتگی در جبهه جنوب غربی فرم ساختمان‌های مسکونی واقع در دیواره ساحلی که در معرض حداکثری نور غرب قرار دارند موجب کاهش انرژی سرمایشی است. همان‌طور که توسط زو و همکاران (Xu &et al., 2022) پیشنهاد شده است، ترکیب عناصر سایه‌انداز با فرم‌های ساختمانی در چهار جهت ساختمان از لحاظ چینش فرم ساختمان و حیاط مرکزی در خانه‌های سنتی چینی بر کاهش مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی داخل بنا تأثیر گذار است. همچنین طبق تحقیق چو و همکاران (Cho&et al., 2014)، به‌کارگیری عناصر سایه‌انداز بیرونی جهت ساختمان‌های مسکونی بلند

کشور کره موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی خنک‌کننده حدود 20 درصد می‌شود.

در پژوهش حاضر، با جهت‌گیری ساختمان‌ها که در معرض تابش نور مستقیم غرب هستند به‌گونه‌ای که محور بلندشان شرق-غرب باشد، بیشتر در معرض تابش مناسب از سمت جنوب، قرار می‌گیرند. اوچدی و همکاران (Ochedi&et al., 2021) نیز در مطالعه خود ثابت کردند استفاده از عناصر سایه‌انداز و جهت‌گیری ساختمان‌های مسکونی نیجریه در کاهش دریافت گرمای نور خورشید و کاهش مصرف انرژی سرمایشی مؤثر است.

یافته‌های این پژوهش، هم راستا با تحقیق نیکقدم (Nikghadam, 2015) مبنی بر به کارگیری الگوهای خانه‌های بومی در مناطق گرم‌ومرطوب ایران در طراحی مسکن معاصر به منظور کاهش مصرف انرژی سرمایشی و ارتقاء آسایش فضای داخلی ساختمان‌ها بوده است. این درحالی است که در پژوهش صورت گرفته مدل‌سازی مورد اعتبار سنجی قرار نگرفته و مدل آسایش حرارتی تطبیقی در طول سال مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا امکان مقایسه با پژوهش حاضر میسر نیست. همچنین طبق مطالعات محمدی ,Mohammadi (2018)، اهمیت استفاده از سایه‌اندازها در ساختمان‌های مسکونی معاصر واقع در بافت تاریخی و تأثیر آن بر میزان کاهش مصرف انرژی سرمایشی نیز در این پژوهش اثبات شد. با این تفاوت که در پژوهش حاضر، ادغام عناصر سایه‌انداز و تلفیق آن با فرم مناسب و تأثیر آن بر ساختمان‌های معاصر واقع در دیواره بافت تاریخی بررسی و تحلیل شد. طبق مطالعات الحویل و همکاران (Alhuwayil&et al., 2023) نیز تأثیر ترکیب عناصر سایه‌انداز به منظور ایجاد پوسته خودسایه‌انداز و عایق حرارتی مناسب در پوسته ساختمان در اقلیم گرم هم راستا با پژوهش حاضر بوده و استفاده از برنامه دیزاین بیلدر موجب اعتبارسنجی این پژوهش است.

همچنین مطالعات انجام شده در خصوص موضوع هم جواری در پژوهش‌های رتی، ریتان، استیمرس (Ratti&et al., 2003)و صنایعیان (Sanayeayan &et al., 2014) بیشتر بر روی بلوک‌های شهری انجام شده و در خصوص بافت‌های تاریخی که به‌دلیل معاصرسازی دست‌خوش تغییر واقع شده‌اند، پژوهش‌هایی صورت نگرفته و برای نخستین بار در این پژوهش، تأثیر هم-جواری ساختمان‌های معاصر با کوچه‌های باریک واقع در دیواره‌ی ساحلی بافت تاریخی، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

محدودیت‌های موجود در این پژوهش شامل؛ عدم امکان دسترسی به تعداد زیادی از ساختمان‌های منتخب، به دلیل اپیدمی بیماری کرونا که در زمان انجام این پژوهش حاکم بر کشور بود، امکان کارگذاری دستگاه‌های اندازه گیری به منظور برپا کردن یک ایستگاه هواشناسی محلی میسر نشد. همچنین، تغییر کاربری ساختمان‌ها و عدم همخوانی نقشه‌های شهرداری و سازمان نظام مهندسی با ساختمان‌های موجود کار را سخت‌تر نمود. برخی از ساختمان‌ها قدمت بالای ده سال داشته و فاقد نقشه‌های معماری بودند، لذا نیاز به برداشت میدانی ایجاد شد که به دلیل عدم اجازه مالکان در شرایط حاکم بر کشور، امکان دسترسی حاصل نشد. در عین حال، انتخاب بناهای سنتی واقع در دیواره ساحلی بافت کوتی از لحاظ مساحت باید متناسب با نمونه‌های معاصر منتخب در این پژوهش باشند، اما به دلیل تخریب این بناها و یا فرسایش، امکان تحلیل و برداشت میدانی به منظور شبیه سازی جهت مقایسه با نمونه های منتخب به منظور اعتبار سنجی، میسر نبود. از دیگر محدودیت‌های مهم در مسیر این پژوهش، محدوده مورد پژوهش و جامعه آماری است. به‌دلیل توجه به معاصر سازی ساختمان های مسکونی واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی محله کوتی در شهر بوشهر، رعایت ضوابط بافت تاریخی ضروری است. همین امر باعث شد تا محدودیت‌هایی در اندازه‌گیری فرم، ارتفاع، ابعاد پنجره و یا سایه‌اندازهای مدرن متناسب با آن‌ها در تحلیل به وجود آید و تنها مطابق با ابعاد ذکر شده در ضوابط طراحی بافت تاریخی و مقایسه با ساختمان‌های منتخب قابل تحلیل و شبیه‌سازی شد.

4-نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که اجرای عایق حرارتی در دیواره ساختمان‌های هم‌جوار با کوچه‌های باریک یک متری و مدل تلفیقی به‌دست‌آمده در مرحله اول پژوهش، مصرف انرژی سرمایشی را تا میزان 20.92 درصد کاهش می‌دهد. لذا با مقایسه معماری اقلیمی و معماری معاصر در این پژوهش، این نتیجه حاصل شد که کوچه‌های باریک واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی بوشهر که جریان باد را از سمت دریا به داخل بافت متخلخل به منظور ایجاد تهویه طبیعی انتقال می‌دهند، در گذشته ثمربخش بوده، اما با توجه به نوسازی ساختمان‌های دیواره بافت تاریخی میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های معاصر به میزان قابل توجهی افزایش یافته‌است. لذا تورفتگی در جبهه‌ی جنوب غربی فرم و تلفیق آن با سایه‌اندازهای عمودی و افقی و به‌کارگیری عایق حرارتی در ساختمان‌های معاصر واقع در کوچه‌های باریک، میزان مصرف انرژی سرمایشی را کاهش می‌دهد.

از این‌رو، بر اساس تحلیل‌ها و شبیه‌سازی‌های صورت گرفته به منظور اجرای ساختمان‌های معاصر واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی مطابق با ضوابط بافت تاریخی، نتایج زیر به دست می‌آید:

- از طریق ایجاد تورفتگی در جبهه‌ی جنوب غربی فرم ساختمان‌های مسکونی واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی با چشم‌انداز رو به ساحل و دریافت نور غرب، موجب کاهش مصرف انرژی سرمایشی می‌شود.
- استفاده از عناصر سایه‌انداز در قسمت تورفتگی بنا در جبهه جنوب غربی ساختمان، علاوه بر پیروی از فرم‌های منتخب ضوابط بافت تاریخی، موجب کاهش مصرف انرژی سرمایشی می‌شود.
- با جهت‌گیری ساختمان‌های واقع در دیواره ساحلی به‌گونه‌ای که محور بلندشان شرق-غرب است موجب کاهش دریافت نور غرب می‌شود و بیشتر در معرض تابش از سمت جنوب، قرار می‌گیرند.
- حالت بهینه پیش‌آمدگی بر روی پنجره‌ها با عرض 80 سانتی‌متر و ارتفاع بین 2.3 تا 2.6 متر برای ساختمان‌های معاصر واقع در دیواره ساحلی بافت مورد نظر، از بین حالت‌های ذکرشده (در سه عمق 30، 60 و 90 سانتی‌متری) ، پس از تحلیل صورت گرفته 90 سانتی‌متر است.
- با ایجاد پیش‌آمدگی (لوورها) به صورت صفحه عمودی به ارتفاع 73 سانتیمتر (فاصله بالای پنجره تا کف طبقه) و به فاصله 30 سانتیمتر از نما موجب کاهش مصرف انرژی سرمایشی می‌شود.
- تلفیق فرم و سایه‌اندازهای افقی و عمودی به منظور کاهش مصرف انرژی سرمایشی برای ساختمان‌های معاصر با اقلیم گرم‌ومرطوب مناسب بوده که می‌تواند به‌عنوان الگویی در ضوابط بافت تاریخی اجرا شود.
- اضافه کردن لایه‌ای حرارتی عایق در دیوارهای خارجی و بام ساختمان‌های واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی در مجاورت کوچه یک متری موجب کاهش مصرف انرژی سرمایشی می‌شود.
- ادغام فرم هندسی و عناصر سایه‌انداز به همراه اجرای عایق رطوبتی در سه وجه ساختمان موجب کاهش مصرف انرژی سرمایشی در ساختمان‌های معاصر واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی در مجاورت کوچه یک متری می‌شود.

از این‌رو، نتایج حاصل در این پژوهش جوابگوی مناسب برای کاهش مصرف انرژی سرمایشی در مجموعه ساختمان‌های مسکونی واقع در دیواره ساحلی مناطق گرم‌ومرطوب است. لذا، جهت دستیابی به اصولی مناسب در خصوص موارد ذکرشده در بالا نیازمند آشنایی هر چه بیشتر معماران با اصول و قواعد اولیه بهینه‌سازی مصرف انرژی است که بتوانند طرح‌های اولیه خود را هر چه بیشتر با محیط سازگار کرده و با اضافه کردن الحاقات جزئی به طرح خود، میزان مصرف انرژی را تا حد قابل قبولی کاهش دهند. عدم توجه به ساخت ساختمان‌های معاصر مطابق با ضوابط بافت تاریخی نشان‌دهنده نیاز مبرم به بازبینی آیین‌نامه‌های اجرایی مقررات ملی ساختمان، مطابق با اقلیم هر منطقه و بستر طرح به‌منظور کاهش مصرف انرژی است.

با توجه به محدودیت‌های موجود در روند این پژوهش و از انجایی کوچه‌های باریک واقع در دیواره ساحلی بافت

تاریخی بوشهر به منظور تهویه طبیعی درگذشته لازم و ضروری بوده و دلیل خنک شدن ساختمان‌های بومی بوده است؛ از این‌رو، براساس تحقیقات صورت گرفته توسط رهایی (Rahaei, 2021, 2020, 2015, 2013) این امکان وجود دارد که در مطالعات آینده با استفاده از روش CFD و برنامه فلوئنت تأثیر باد به منظور تهویه طبیعی در ساختمان‌های معاصر واقع در دیواره ساحلی همجوار با کوچه‌های باریک در مناطق گرم‌ومرطوب را مورد بررسی و تحقیق قرار داد.

مراجع

-Alhuwayil, W. K., Almaziad, F. A., & Mujeebu, M. A. (2023). Energy performance of passive shading and thermal insulation in multistory hotel building under different outdoor climates and geographic locations. *Case Studies in Thermal Engineering*, *45*, 102940. https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.102940

-ASHRAE.(2010).ASHRAE Handbook,Fundamental.Atlanta:ASHRAE

-Cho, J., Yoo, C., & Kim, Y. (2014). Viability of exterior shading devices for high-rise residential buildings: Case study for cooling energy saving and economic feasibility analysis. *Energy and Buildings*, *82*, 771-785. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.092

-Eames, M. E. (2016). An update of the UK's design summer years: Probabilistic design summer years for enhanced overheating risk analysis in building design. Building services engineering research and technology, 37(5), 503-522. https://doi.org/10.1177/0143624416631131

-El-Agami, M., Hanafy, G., & Osman, M. (2021). Investigating the Effect of High-Rise Buildings' Mass Geometry on Energy Efficiency within the Climatic Variation of Egypt. Sustainability, 13(19), 10529. https://doi.org/10.3390/su131910529

-Eskandari, H., Saedvandi, M., & Mahdavinejad, M. (2017). The impact of Iwan as a traditional shading device on the building energy consumption. *Buildings*, *8*(1), 3. https://doi.org/10.3390/buildings8010003

-Hachem, C., Athienitis, A., & Fazio, P. (2011). Parametric investigation of geometric form effects on solar potential of housing units. *Solar Energy*, *85*(9), 1864-1877. https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.04.027

-Liu, S., Kwok, Y. T., Lau, K. K. L., Chan, P. W., & Ng, E. (2019). Investigating the energy saving potential of applying shading panels on opaque façades: A case study for residential buildings in Hong Kong. *Energy and Buildings*, *193*, 78-91. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.03.044

-Liu, K., Xu, X., Zhang, R., Kong, L., Wang, W., & Deng, W. (2023). Impact of urban form on building energy consumption and solar energy potential: A case study of residential blocks in Jianhu, China. *Energy and Buildings*, *280*, 112727. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112727

-Ochedi, E., & Taki, A. H. (2019). Energy Efficient Building Design in Nigeria: An Assessment of the Effect of the Sun on Energy Consumption in Residential Buildings. https://doi.org/10.15640/jea.v6n1a1

-Ratti, C., Baker, N., & Steemers, K. (2005). Energy consumption and urban texture. *Energy and buildings*, *37*(7), 762-776. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.10.010

-Ratti, C., Raydan, D., & Steemers, K. (2003). Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate. *Energy and buildings*, *35*(1), 49-59. https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00079-8

-Ratti, C., & Richens, P. (2004). Raster analysis of urban form. *Environment and planning B: Planning and Design*, *31*(2), 297-309. https://doi.org/10.1068/b2665

-Sanayeayan, H., & Mofidi, M., & Nasrollahi, F.,Mehdizadeh,F (2014). The impact of adjacencie on interior thermal behavior (Tehran). *Soffeh*, Volume 23, Issue 63, 35-46. [In Persian] https://sid.ir/paper/94330/fa

-Steemers, K. (2003). Energy and the city: density, buildings and transport. *Energy and buildings*, 35(1), 3-14. https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00075-0

-Xu, Y., & Pan, J. (2022). Impact of shading systems with various type-number configuration combinations on energy consumption in traditional dwelling (China). *Energy*, 255, 124520.

-Rahaei, O, & Azemati, H (2020). Improving the Quality of Natural Ventilation in Classrooms of Mazandaran Province Based on the Position of the Openings Using CFD Method. *Iranian Architecture and Urbanism*, 11(19), 57-71. https://sid.ir/paper/386912/en

-Rahaee, O. (2015). consideration of indoor airflow process and the analitical models in small industrial buildings with CFD method. *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design*, *2*(2), 55-64. [In Persian]

-Rahaei, O. (2013). Industrial Buildings & the Physical Impacts on Urban Development in Iran "Case Study: Tehran Refinery & Baghershahr Residential District". *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design*, *1*(1), 55-66. [In Persian]

https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124520

-Mohammadi, A (2018). The Effect of Passive Solutions on Energy Consumption in Hot and Humid Regions: The Case Study of Vernacular Cooling Methods in Common Residential Buildings of Bushehr City. PhD dissertation. Isfahan University of Art. [In Persian]

-Nikghadam, N (2015). Climatic Patterns of Functional Spaces in Vernacular Houses of Bushehr) By Grounded Theory. *Nazar*, Volume 12, Issue 32, 29-42. [In Persian]

-Rahaei, O (2021). Investigation of air flow pattern in the central courtyard in Qajar houses of Isfahan by CFD method. *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design*, 9(2), 46-25. [In Persian] https://doi.org/10.22061/jsaud.2021.6012.1597