

# 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<sup>1</sup>، جمال الدین مهدی نژاد درزی<sup>2\*</sup> و پویا دولابی<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 1402/06/27

تاریخ پذیرش: 1403/01/11

(صفحات 103-127)

## چکیده

**مقدمه:** امروزه بحران انرژی، توجه معماران و شهرسازان را به چگونگی همجواری ساختمان‌ها درون ساختمانی، 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 گرم و مرطوب 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، دسته‌بندی کرده 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 پرداخته شد 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 گرم و مرطوب (مورد پژوهی: بوشهر)» است که به راهنمایی نویسنده دوم و مشاور نویسنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر انجام شده است.

<sup>1</sup> دانشجوی دکتری، گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران.

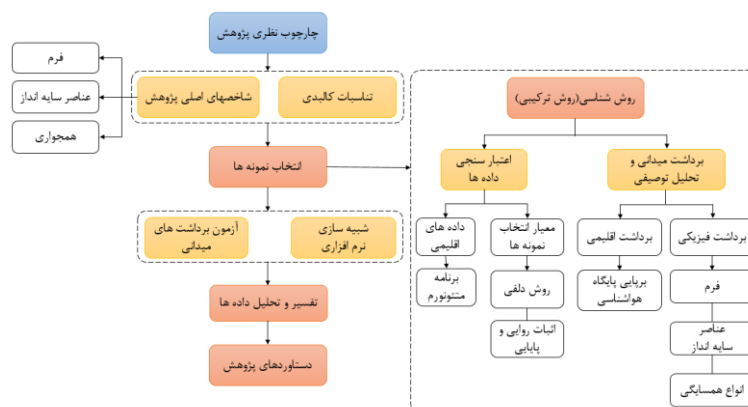
<sup>2</sup> استاد، گروه معماری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران، (نویسنده مسئول).  
mahdinejad@sru.ac.ir

<sup>3</sup> 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 بهینه‌سازی 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 تفصیلی 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، در گذشته 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 معاصر سازی، 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 شکل 1، 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.



شکل 1- روند پژوهش

Fig. 1- Research Theoretical Framework

نمودند که نتیجه گرفتند در هیچ کدام از مناطق مصر از فرم مستطیل نباید استفاده شود (El-Agami & 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 & 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 دادند. در نهایت فرم، عمق و جهت مناسب ایوان در چهار اقلیم را به دست 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 & 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 & al., 2014). رتی،

هدف این پژوهش، بررسی همجواری ساختمان‌های مسکونی معاصر با کوچه‌های باریک از طریق ادغام عناصر سایه‌انداز 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 & 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 & al., 2023). در نهایت، در خصوص تأثیر 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 سایه‌اندازها با فرم‌های ساختمانی کاهش مصرف انرژی در چهار جهت ساختمان از لحاظ چینش فرم ساختمان و حیاط مرکزی تأثیرگذار است (Xu & 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

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 و مرطوب فرم حیاط مرکزی گزینه مناسبی نیست و تناسبات بنا، عامل تعیین کننده بر رفتار حرارتی ساختمان‌هاست. لذا نتایج به دست 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 سایه‌اندازه‌های 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 اصلاح شده آن‌ها را جهت استفاده در معماری معاصر پیشنهاد کرده است. با اصلاح عملکرد سایه‌اندازی عنصری مثل شناسیر 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 قرار گرفت. 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 به دلیل معاصر سازی دست‌خوش تغییر واقع شده و نسبت به تبدیل حیاط‌ها به توده بنا اقدام شده، نادر است. لذا در این پژوهش تلاش می‌شود، مطابق با جدول 1، تأثیر هم‌جواری ساختمان‌های معاصر با کوچه‌های باریک واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی بوشهر که دست‌خوش معاصر سازی 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.

جدول 1- بررسی پیشینه موضوع و مقایسه با پژوهش حاضر

Tab. 1- Literature review

| نویسنده         | فرم | چگونگی هم‌جواری | سایه‌انداز | سایه‌انداز و تغییرات | اقلیم     | روش پژوهش | کاهش بارهای حرارتی     | نمونه موردی   | سایه‌انداز | هم‌جواری             |
|-----------------|-----|-----------------|------------|----------------------|-----------|-----------|------------------------|---------------|------------|----------------------|
| رهایی (2021)    | -   | حیاط مرکزی      | -          | -                    | گرم و خشک | -         | شبیه سازی فلوینت       | مسکونی تاریخی | -          | -                    |
| صنایعیان (2014) | -   | -               | -          | -                    | معتدل     | -         | شبیه سازی دیزاین بیلدر | بلوک ساختمانی | -          | هم‌جواری توده و فضا  |
| رتی (2003)      | -   | -               | -          | -                    | گرم و خشک | -         | شبیه سازی              | بلوک ساختمانی | -          | بافت شهری و فرم حیاط |



| نویسنده        | فرم | جهت تو رفتگی | سایه انداز | ابعاد سایه انداز | مقیاس ارتفاع | اقلیم            | روش پژوهش                 | کاهش بارهای حرارتی | نمونه موردی              | تأثیر بر ساختمان معاصر | همجواری ها          |
|----------------|-----|--------------|------------|------------------|--------------|------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| لیو (2023)     | *   | -            | -          | -                | -            | معتدل            | شبیه سازی انرژی پلاس      | گرمایشی و سرمایشی  | بلوک ساختمانی            | *                      | همجواری - بلوک شهری |
| محمدی (2018)   | -   | -            | شناشیر     | -                | -            | گرم و مرطوب      | شبیه سازی دیزاین بیلدر    | سرمایشی            | مسکونی تاریخی            | *                      | -                   |
| چو (2014)      | -   | -            | *          | *                | -            | گرم و معتدل      | شبیه سازی 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            | شبیه سازی                 | 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 تاریخی در 4 اقلیم | -                      | -                   |
| پژوهش حاضر     | *   | *            | *          | *                | *            | گرم و مرطوب      | شبیه سازی دیزاین بیلدر    | 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

## 1-2- محدوده پژوهش

مطابق با شکل 2، بافت قدیمی بوشهر در شمالی‌ترین بخش شهر در نوار ساحلی واقع شده است که شامل چهار محله دهدشتی، شنبیدی، 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 خلیج فارس مطابق با شکل 3 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.

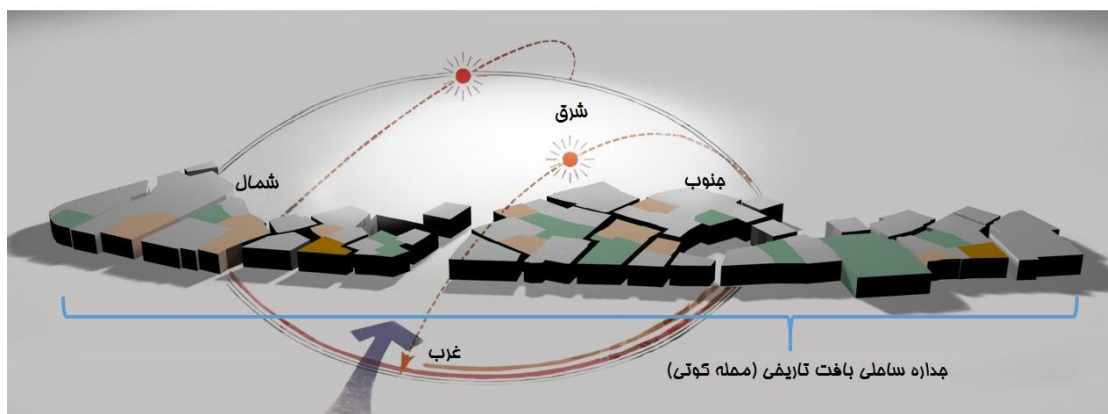
پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند. در پژوهش حاضر، با در نظر گرفتن محدوده مورد پژوهش می‌توان رطوبت هوا را به عنوان متغیر مداخله‌گر نام برد که در این راستا سعی در ثابت نگه‌داشتن و در نتیجه خنثی نمودن اثر آن بر نتیجه شبیه‌سازی مد نظر قرار گرفت. مراحل مختلف این پژوهش بر اساس مطالعات میدانی و گردآوری اطلاعات 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 به کار رفته در ساختمان و داده‌های آب‌وهوایی گردآوری شد. سپس بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای از قبیل مطالعات تفصیلی بافت تاریخی شهر، اطلاعات کافی برای تجزیه و تحلیل 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 مجدداً در برنامه شبیه‌سازی و براساس متغیرهای مستقل تغییرات لازم اعمال شد. رویکرد اصلی این پژوهش مبتنی بر بررسی شرایط بار سرمایشی در ساختمان مسکونی معاصر است.







شکل 2- چهار محله بافت تاریخی، موقعیت ساختمان‌های دیواره ساحلی، ساختمان‌های منتخب A1 و A2  
Fig. 2- Four neighborhoods of historical context, the location on the coastal edge in the historical contexts, selected buildings A1 and A2

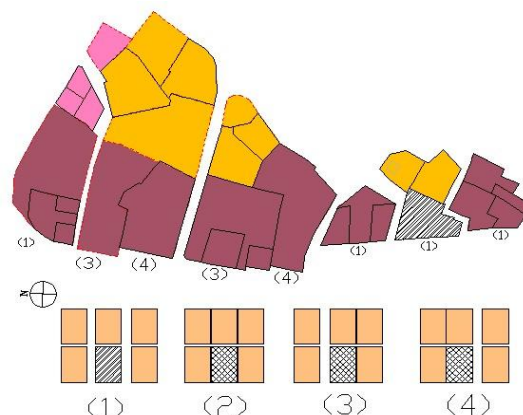


شکل 3- جهت تابش نور غرب به دیواره ساحلی بافت تاریخی محله کوتی  
Fig. 3- The direction of the western light to the coastal edge in the historical contexts of Koti neighborhood

## 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 معاصر سازی نادیده گرفته شده و باعث تغییر در سیمای ساحلی بافت شده است.



شکل 4- مدل همسایگی در دیواره ساحلی بافت تاریخی محله کوتی

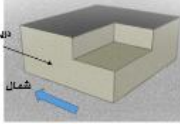
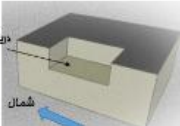
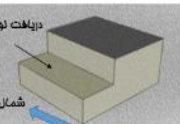
Fig. 4- Neighborhood model to the coastal edge in the historical contexts of Koti neighborhood

لذا در جدول 2، نتایج حاصل از تحلیل فرم‌های برداشت شده با فرم‌های پیشنهادی در مطالعات طرح تفصیلی ذکر شده است.

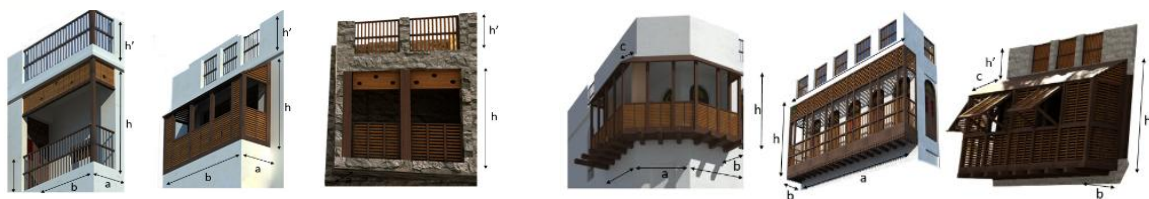
در ادامه برداشت میدانی، مطابق با شکل 5 انواع سایه‌اندازهای افقی و عمودی موجود در ساختمان‌های معاصر که بر اساس سایه‌اندازهای (شناسیر و طارمه) ضوابط بافت تاریخی طراحی و اجرا شده‌اند، پرداخته می‌شود. پس از تحلیل سایه‌اندازهای دیواره ساحلی متناسب با ضوابط طراحی در بافت تاریخی، داده‌های بدست آمده از تحلیل 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، شناسایی شده‌اند. مطابق با شکل 6، نمونه‌های مد نظر تحقیق به روش خوشه‌ای بر اساس معیارهای خاص این پژوهش انتخاب و معرفی می‌شوند.

جدول 2- تحلیل فرم‌های برداشت شده 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 برداشت شده از ساختمان‌های معاصر موجود در دیواره ساحلی بافت محله کوتی توسط نویسندگان                                                                                                                                                                                                                                                              | دلایل انتخاب فرم پیشنهادی در مطالعات طرح تفصیلی                                                                                                                                  | فرم‌های پیشنهادی براساس مطالعات طرح تفصیلی و ضوابط بافت تاریخی                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><br><br> | <p>تورفتگی در جبهه جنوب غربی به منظور 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</p> | <br><p>فرم صحیح</p>   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>تورفتگی در جبهه غربی به منظور کاهش دریافت نور غرب، شکست نور و ایجاد سایه بر حجم بنا، دارای همسایگی با ساختمان در جبهه شمال، جنوب و شرق</p>                                    | <br><p>فرم نادرست</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>تورفتگی در جبهه غربی به صورت کامل و دریافت نور مستقیم بدون ایجاد سایه‌اندازی بر حجم بنا، دارای همسایگی با ساختمان در جبهه شمال، جنوب و شرق</p>                                | <br><p>فرم نادرست</p> |
| <br>                                                                                                                                                                               | <p>بدون رعایت ضوابط و ایجاد سایه بر حجم بنا، هم‌جواری با ساختمان در جبهه شمال و شرق، هم‌جواری با کوچه باریک در جبهه جنوب</p>                                                     | <p>فرم‌های نامتعارف و خارج از ضوابط بافت تاریخی</p>                                                        |





شکل 5- 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

جدول 3- داده‌های به‌دست آمده از تحلیل سایه‌اندازهای اجرا شده در دیواره ساحلی بافت تاریخی

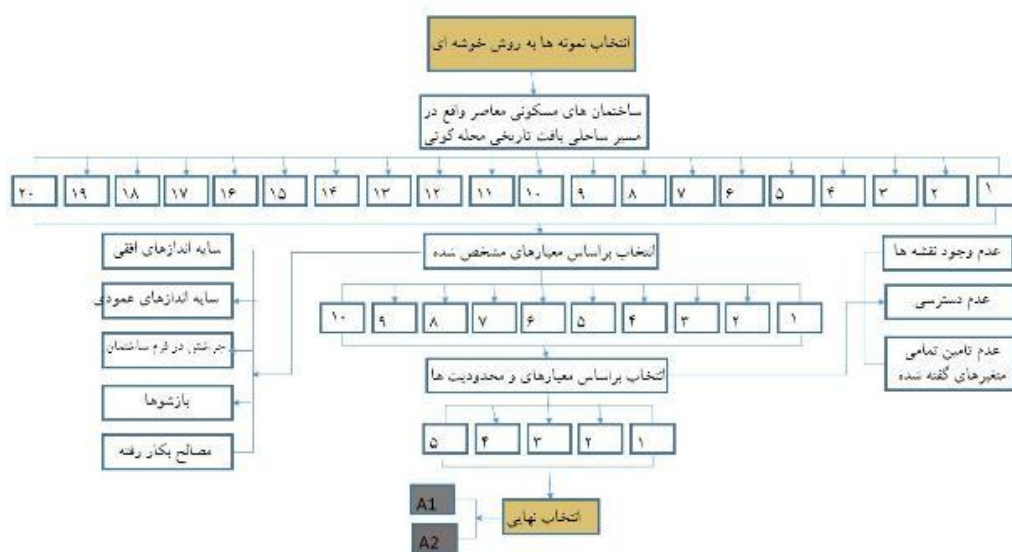
Tab. 3- Obtained data from the analysis of shading devices implemented on the coastal edge in the historical contexts

| داده‌ها          | توضیحات                                                                |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|
| $h=2.6\sim 3$    | ارتفاع شناشیرها متناسب با ارتفاع پنجره‌های موجود در ضوابط              |
| $a=80\text{ cm}$ | عمق تورفتگی و یا بیرون آمدگی در حجم ساختمان و یا شناشیرهای تغییر یافته |
| $b$              | 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                                               |

جدول 4- 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<br>مبتنی بر استقرار<br>در بنا | پلان | حجم | اجزا سایه‌انداز افقی                        | جهت      | تعداد در<br>هر جهت |
|----------------------------------------------|------|-----|---------------------------------------------|----------|--------------------|
| سایه‌انداز بیرونی                            |      |     | دارای سقف شیب‌دار 45 درجه                   | شمال غرب | 0                  |
|                                              |      |     | سه طرف باز                                  |          |                    |
|                                              |      |     | ارتفاع جان‌پناه شناشیر 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   | غرب      | 0                  |
| تورفتگی در حجم و<br>ادغام با سایه‌انداز      |      |     | دارای سقف شیب‌دار 45 درجه                   | شمال غرب | 1                  |
|                                              |      |     | سه طرف بسته                                 |          |                    |
|                                              |      |     | ارتفاع لبه بالایی 60 سانتی‌متر              | شمال غرب | 2                  |
|                                              |      |     | ارتفاع جان‌پناه تورفتگی حداقل 90 سانتی‌متر  | جنوب غرب | 4                  |
|                                              |      |     | دو طرف باز                                  |          |                    |
|                                              |      |     | دارای سقف شیب‌دار 45 درجه                   | غرب      | 1                  |
|                                              |      |     | سه طرف بسته                                 |          |                    |



شکل 6- انتخاب نمونه با استفاده از روش آماری (روش خوشه‌ای)

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

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

| پرسشنامه  | آلفای کرونباخ | نتیجه آزمون |
|-----------|---------------|-------------|
| پایایی کل | 0.745         | تائید       |

### 2-2-3- جمع‌آوری داده‌های اقلیمی به منظور

#### تولید فایل اقلیمی شبیه سازی

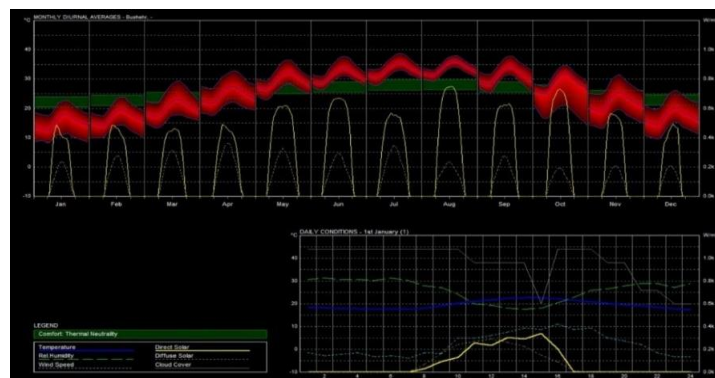
ابتدا عوامل مؤثر بر منطقه اقلیمی بستر پژوهش را شناسایی کرده و سپس هر کدام از این عوامل در شهر بوشهر بررسی شده است. اطلاعات اقلیمی بر اساس داده‌های آب و هوایی و نرم‌افزار متئونرم برای بازه‌های یک‌ساله بوشهر گرفته شده است. با توجه به داده‌های خروجی گرفته شده از سایت <https://weatherspark.com> که به عنوان 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 قرار گرفته است. داده‌های سالانه بوشهر در تصاویر 7، 8 و 9 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.

### 2-2-2- معیارهای مدنظر جهت انتخاب نمونه‌های

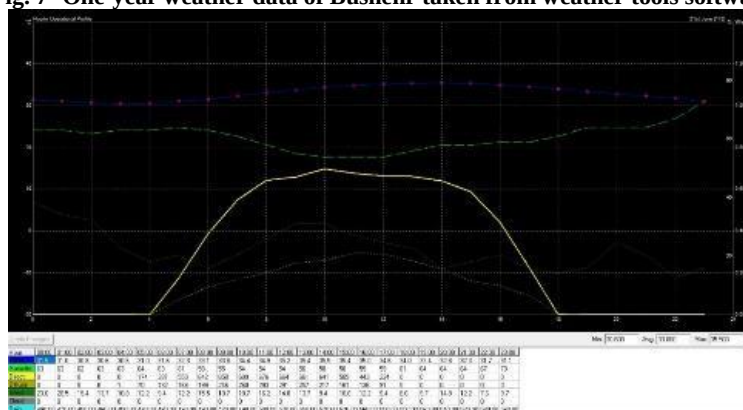
#### منتخب

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 شناسایی شده، 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، در مجموع 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 جدول 5، نتایج نشان دهنده این است که این پرسشنامه از پایایی قابل قبول و مناسبی برخوردار است.

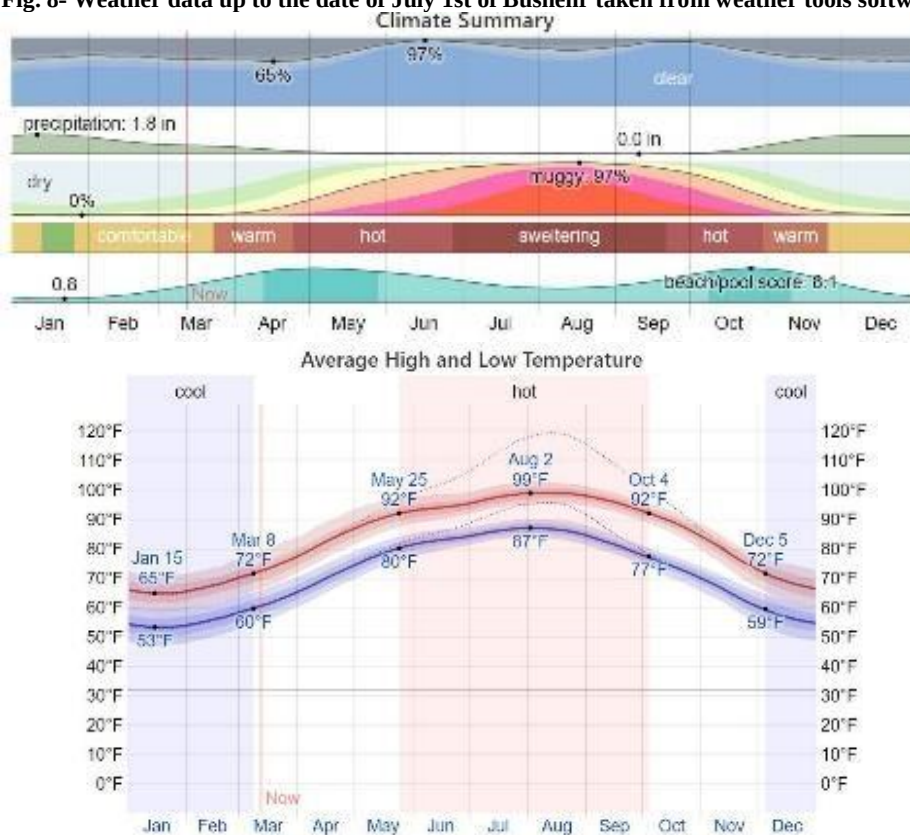
#### جدول 5- مقدار آلفای کرونباخ پرسشنامه پژوهش



شکل 7- 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



شکل 8- 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 مینیوم و ماکسیموم دمایی  
Fig. 9- Annual temperature data of Bushehr and minimum and maximum temperature

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

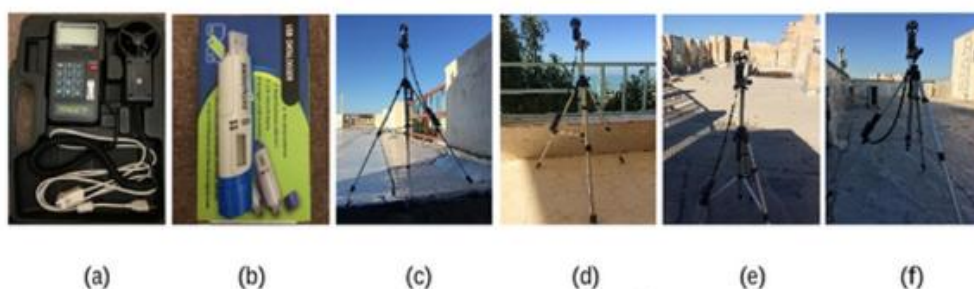
در محله کوتی، نزدیکی سایت مورد نظر این ایستگاه را برپا کرده بودند، بهره‌گیری شد (شکل 10). این ایستگاه محلی، تنها اطلاعات اقلیمی کوتاه مدت به وسیله دیتالاگرهای اتوماتیک با مشخصات ذکر شده در جدول 6 در طول یک سال را گردآوری کرده است (Mohammadi, 2018). در بررسی عملکرد حرارتی مدل‌های اندازه‌گیری دمای هوا در یک یا چند روز متوالی و جمع‌آوری اطلاعات از متغیرهای با بیشترین کارایی استفاده شده است. اندازه‌گیری دما در 5 روز متوالی در هر ماه در بازه‌های زمانی یک ساعته صورت گرفته است.

مطابق با مطالعات ایماس، به منظور 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

جدول 6- مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری (Mohammadi, 2018)

Tab. 6- Specifications of measuring equipment

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



شکل 10- تجهیزات اندازه‌گیری: (a) دیتالگر 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

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.

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، در نهایت فایل

### 3- نتایج و بحث

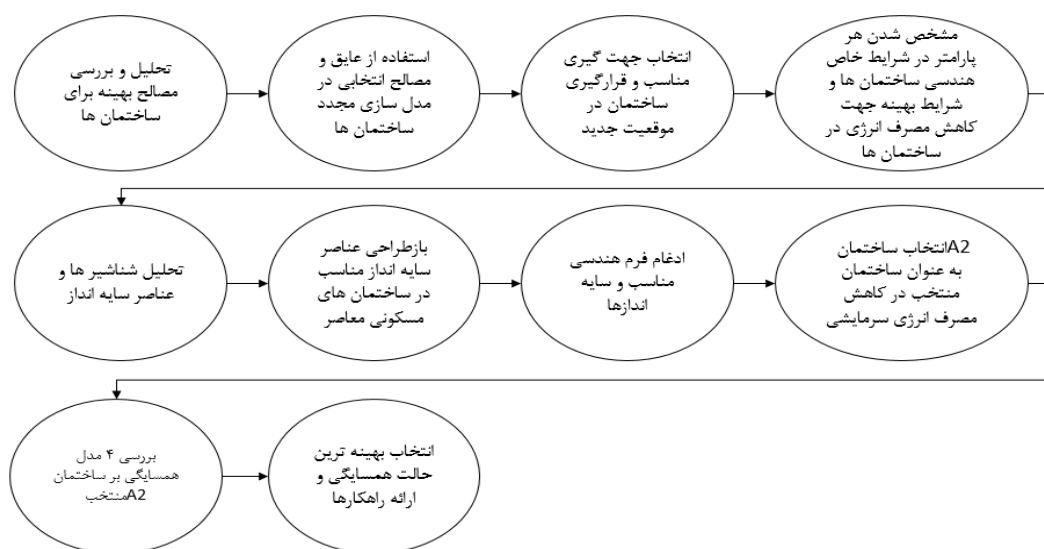
#### 3-1- شبیه سازی مدل های منتخب A1 و A2

در این پژوهش، پس از انتخاب ساختمان های منتخب A1 و A2، نخست شرایط اقلیمی و مصرف انرژی ساختمان ها مورد بررسی قرار گرفت و سپس براساس تحلیل هشت گانه بررسی شد: تحلیل وضع موجود، تحلیل سایبان بهینه، جهت گیری بهینه ساختمان، تغییر جهت تراس اصلی ساختمان، تحلیل عایق حرارتی پوسته ساختمان، تغییرات فرمی و افزایش سایه اندازی حالت تلفیقی و ترکیب فرم ساختمانی و پوسته خودسایه انداز، و در انتها بررسی مدل های همسایگی، مطابق با شکل 11، روش تحلیل به صورت خطی است. در مرحله اول پژوهش، ساختمان های منتخب شبیه سازی و میزان مصرف انرژی گرمایش، سرمایش و روشنایی تعیین شد. این مرحله شامل: تغییر زاویه قرارگیری ساختمان نسبت به جهت شمال، عایق بندی پوسته حرارتی، تغییر جهت اصلی ترین سطح

بازشو، درصد سطوح بازشو، نوع سایه انداز پنجره ها است. ساختمان های منتخب با حداکثر شباهت از لحاظ مصالح، ساختار و ارتفاع وضعیت موجود، مورد شبیه سازی قرار گرفتند. داده های ورودی به نرم افزار، در 3 بخش فعالیت ها، ساختار، مصالح و سیستم های تأسیسات، وارد شده است (شکل 12).

ابتدا مدل های اولیه ساختمان ها با شرایط موجود و با توجه به داده های 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 ساختمان ها را نشان می دهد که شامل وضع موجود، جهت گیری، عایق بندی، عناصر سایه انداز، فرم هندسی و ... است. در شکل 13 میزان مصرف انرژی اولیه و مقایسه هر دو ساختمان را در شرایط تغییر بازشو اصلی آن ها نشان می دهد.



شکل 11- روش تحلیل در شبیه سازی به صورت خطی

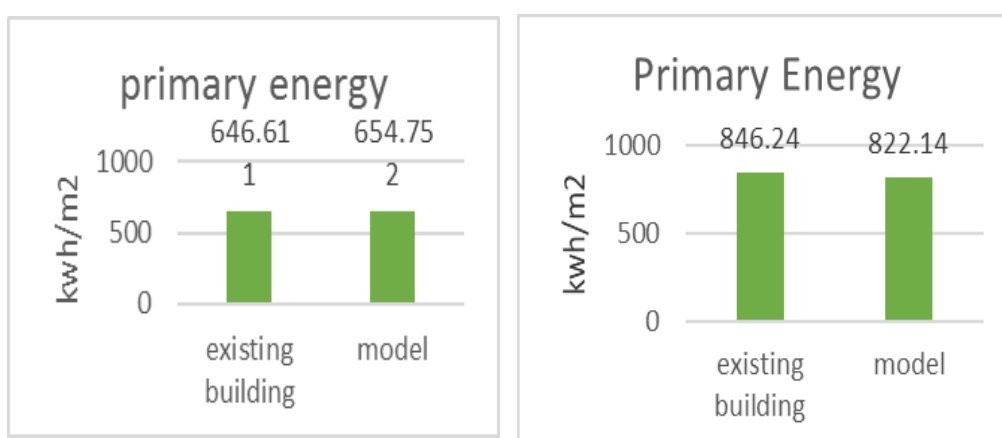
Fig. 11- Analysis method in linear simulation





شکل 12- 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



شکل 13- میزان مصرف انرژی اولیه و مقایسه هر دو ساختمان در شرایط تغییر بازشو اصلی، راست: A1 - چپ: A2

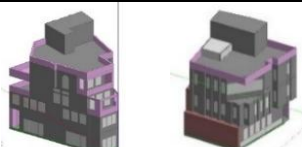
Fig. 13- The amount of primary energy consumption and comparison of both buildings under the condition of changing the main opening, right: A1 - left: A2

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

| بهبودترین 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         | هر دو کاهش دو جهت‌گیری مختلف |
| زاویه 105 درجه A2                |                    |                    |                |                |                              |
| عایق‌بندی سقف و بدنه             | -                  | -                  | 737.01         | 580.32         | هر دو کاهش                   |



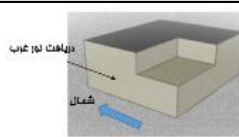
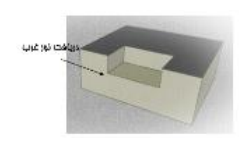
|                                              |                                                                                    |        |        |                          |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------------------------|
| سایبان بهینه 90<br>سانتی متری                |  | 778.05 | 617.41 | هر دو طول پیشامدگی ثابت  |
| تغییر جهت اصلی ترین<br>بازشو                 |  | 846.23 | 654.39 | بدون تغییر / افزایش مصرف |
| تغییرات هندسه فرمی و<br>پوسته خود سایه انداز |  | 822.14 | 654.7  | کاهش محسوس / افزایش مصرف |

نسبت به شمال است و برای ساختمان A2 زاویه 105 است که این نشان از تفاوت اندک در فرم کلی هر دو ساختمان است (جدول 9).  
ساختمان های منتخب در 4 حالت با پیش آمدگی های مختلف شبیه سازی شده است.  
1- در حالت اول پیش آمدگی به صورت صفحه افقی به عرض 30 سانتیمتر و عمود بر نما، در تراز بالای پنجره قرار گرفته است.  
2- در حالت دوم پیش آمدگی به صورت صفحه عمودی به ارتفاع 73 سانتیمتر (فاصله بالای پنجره تا کف طبقه) و به فاصله 30 سانتیمتر از نما قرار گرفته است.

با بررسی های انجام شده فرم مناسب به منظور طراحی در دیواره ساحلی بافت تاریخی با چشم انداز رو به ساحل، مطابق با فرم اثبات شده بر اساس تحلیل های صورت گرفته در پژوهش مطابق با جدول 8، نشان می دهد که با اجرای راهبرد مناسب جهت ایجاد تورفتگی در جبهه ی جنوب غربی فرم ساختمان های مسکونی واقع در دیواره ساحلی، مصرف انرژی سرمایشی در ساختمان A1 به میزان 3 درصد نسبت به حالت اولیه کاهش می یابد و ساختمان A2 از نظر فرمی مناسب تر بوده است و نیازی به بازطراحی فرمی نیست. جهت گیری مناسب برای ساختمان A1، 135 درجه

جدول 8- فرم مناسب مطابق با ضوابط بافت تاریخی بوشهر

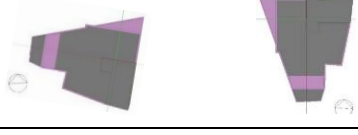
Tab. 8- Appropriate form in accordance with historical context guidelines

| نتایج                                                                                                                                      | ساختمان های منتخب | فرم های پیشنهادی ضوابط بافت تاریخی                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| تغییر در فرم جبهه جنوب غربی ساختمان مطابق با الگوی فرمی بافت دیواره ساحلی به منظور کاهش دریافت نور غرب و ایجاد سایه بر حجم بنا             | A1                | <br> |
| ایجاد فرورفتگی در فرم ساختمان مطابق با الگوی بافت دیواره ساحلی به منظور کاهش دریافت نور غرب و ایجاد سایه بر حجم بنا (پوسته خود سایه انداز) | A2                | <br> |

جدول 9- میزان کاهش مصرف انرژی سرمایشی از طریق جهت گیری مناسب در ساختمان های 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 | 7 درصد   |
| A2 |  | 105 درجه به سمت غرب  | 4.5 درصد |

جدول 10- مدل‌های شبیه‌سازی شده عناصر سایه‌انداز خارجی مشبک در محیط نرم‌افزار ساختمان A2 و A1  
Tab. 10- The simulated models of external mesh shading elements in the A1 and A2 building in software environment

| 4                                                                                 | 3                                                                                 | 2                                                                                 | 1                                                                                  |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|  |  |  |  | مدل A1 |
|  |  |  |  | مدل A2 |

جدول 11- میزان مصرف انرژی در ساختمان A1 و A2 بر حسب  $\text{kwh/m}^2$  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  $\text{kwh/m}^2$  in the existing state and model (2) and model (1) of external shading

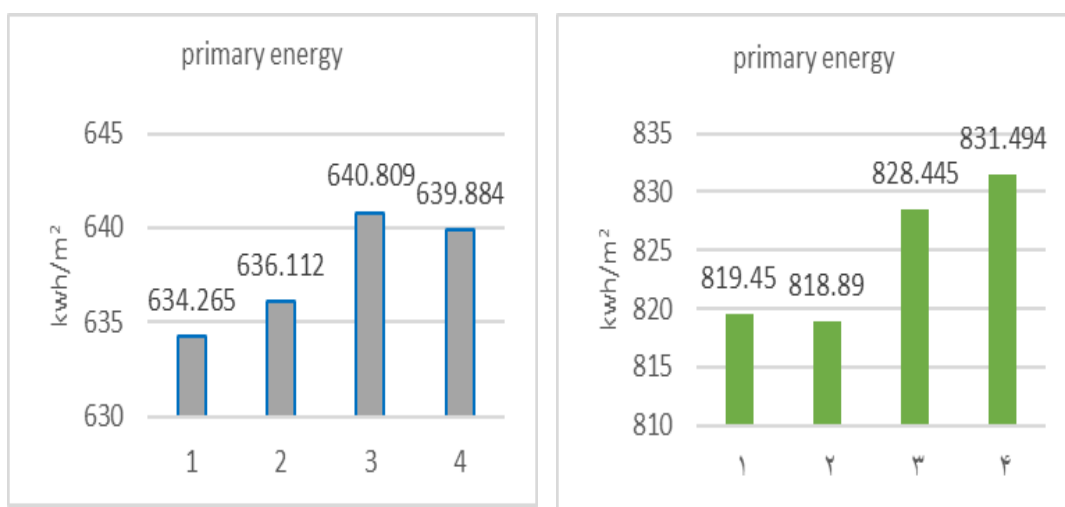
| انرژی اولیه | انرژی کلی | سرمایشی | گرمایشی | روشنایی |                  |
|-------------|-----------|---------|---------|---------|------------------|
| 846.24      | 235.85    | 207.51  | 1.13    | 27.21   | ساختمان منتخب A1 |
| 818.89      | 228.34    | 199.74  | 1.27    | 27.33   | مدل شماره دو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

بر حسب ( $\text{kwh/m}^2$ ) مطابق با شبیه‌سازی و تحلیل‌ها را نشان می‌دهد که کمترین میزان مصرف انرژی اولیه مربوط به مدل شماره (2) و شماره (1) است. شکل 14 مقایسه حالت‌های مختلف سایه‌اندازها، جهت مجموع میزان مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های منتخب را نشان می‌دهد. از آنجایی که میزان مصرف انرژی ساختمان‌های منتخب بر حسب هر یک مترمربع متراژ ساختمان برآورد شده است، تفاوت در میزان مساحت هر دو ساختمان مشکلی ایجاد نمی‌کند و شرایط بهتر ساختمان A2 قابل مشاهده 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

3- در شبیه‌سازی حالت سوم، پیش‌آمدگی به صورت لوورهای موازی با نمای ساختمان به ارتفاع 73 سانتیمتر (فاصله بالای پنجره تا کف طبقه) و به فاصله 30 سانتیمتر از نما قرار گرفته است.  
4- در حالت چهارم پیش‌آمدگی به صورت لوورهای افقی به عرض 30 سانتیمتر و عمود بر نما، در تراز بالای پنجره قرار گرفته 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

هر دو مدل تلفیقی سپس مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته 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.

30 سانتیمتر از نما قرار گرفته 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 قرار گرفته 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 به صورت یکپارچه در هر دو ساختمان مدل‌سازی شده است (جدول 13).



شکل 14- 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

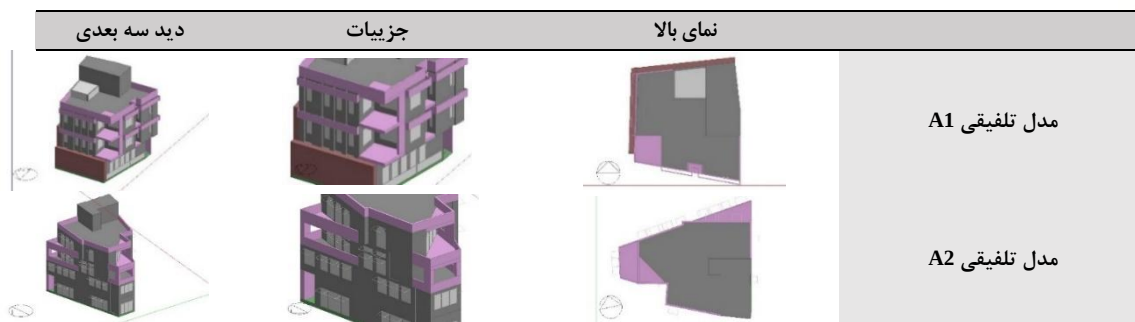
جدول 12- سایه‌اندازهای افقی متناسب با ابعاد پنجره‌ها جهت کاهش میزان مصرف انرژی سرمایشی

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

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

جدول 13- تصاویر مدل‌سازی ساختمان‌ها در نرم‌افزار، مدل تلفیقی

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



جدول 14- میزان مصرف انرژی هر دو ساختمان در مدل تلفیقی برحسب  $\text{kwh/m}^2$

Tab. 14- The amount of energy consumption of both buildings in the integrated model in  $\text{kwh/m}^2$

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

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 ساختمان‌ها بر کاهش مصرف

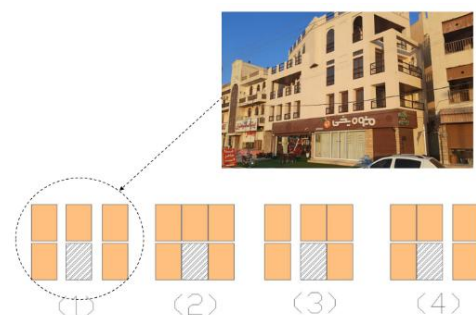
#### انرژی سرمایشی

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

چهار که دارای کوچه‌های یک متری در یک یا دو جهت هستند، شده‌است.

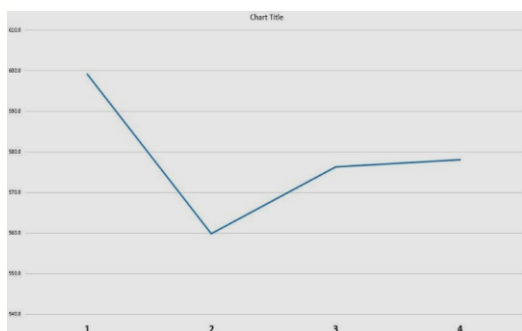


شکل 15- ساختمان A2 و همجواری‌های آن  
Fig. 15- The A2 building and its neighbors



شکل 16- 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



شکل 17- مقایسه میزان مصرف انرژی اولیه در چهار مدل همسایگی

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

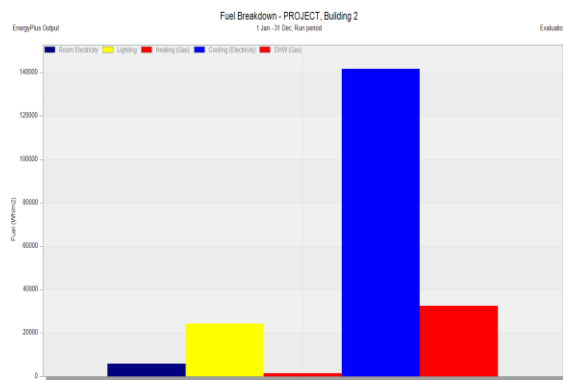
3-2-1 تأثیر همجواری بر مدل تلفیقی ساختمان منتخب A2

بر اساس تحلیل‌های صورت‌گرفته در بخش تأثیر همسایگی بر میزان مصرف انرژی سرمایشی، مدل

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 شکل 15، در روند انجام این بخش از پژوهش، وضعیت همسایگی ساختمان A2 مورد شبیه‌سازی و تحلیل قرار گرفته است. در این بخش از تحلیل، مبنای اصلی بر اساس همسایگی وضع موجود با عنوان مدل شماره 1 مشخص شده است و دیگر مدل‌ها بر اساس شکل 16 مورد تحلیل و مقایسه با وضع موجود قرار گرفته است. در هر یک از تحلیل‌های مدل‌های چهارگانه، میزان مصرف انرژی ماهانه و سالانه به صورت نمودار ارائه شده و در هر قسمت به تحلیل و بررسی آن پرداخته می‌شود. تمامی تنظیمات مدل‌های چهارگانه در این بخش، بر اساس تنظیمات و مصالح به کار 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 منتخب A2 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 امکان پذیر 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 شکل 17 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

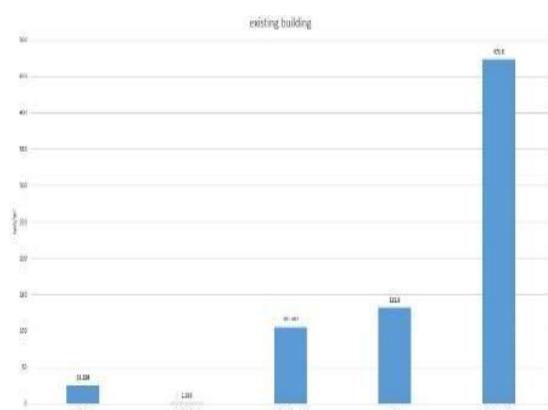




شکل 19- میزان مصرف انرژی در مصارف مختلف خانگی

به صورت ماهانه، مدل تلفیقی واقع در حالت شماره 2

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



شکل 20- میزان مصرف انرژی اولیه و مجموع، مدل تلفیقی واقع در حالت شماره 2

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 قرار گرفته و با چهار حالت قبلی مقایسه شده است که تفاوت عمده‌ای را می‌توان از این مقایسه، مشاهده نمود. در شکل 21 به مقایسه تمامی مصارف انرژی روشنایی، گرمایش و سرمایش، مجموع و انرژی اولیه پرداخته شده است.

شماره دو با همسایگی در سه جبهه اصلی ساختمان، دارای کمترین میزان مصرف انرژی سرمایشی است. در این بخش از پژوهش مطابق با شکل 18، 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 شده است. شکل 19 میزان مصرف انرژی در مصارف مختلف از جمله سرمایش، گرمایش و روشنایی را به صورت سالانه و ماهانه نشان می‌دهد. بر اساس میزان هر یک از موارد در با نظر گرفتن ضرایب مصرف انرژی اولیه، شکل 20 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.



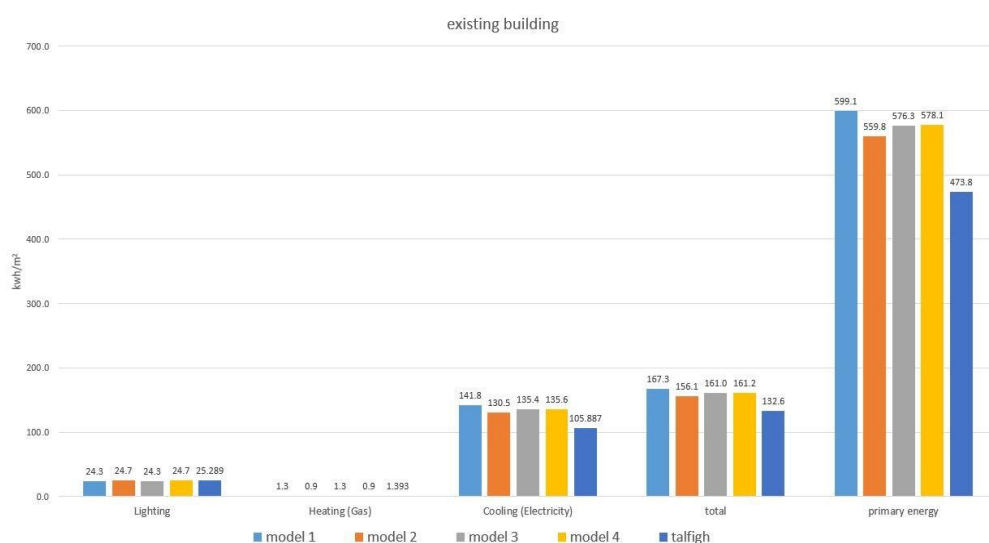
شکل 18- قرارگیری مدل تلفیقی ساختمان منتخب A2 در حالت شماره 2 همسایگی

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 به عنوان 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 قابل توجهی است.

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.

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، در گذشته ثمربخش بوده، اما با توجه به نوسازی ساختمان‌های دیواره بافت تاریخی و به دلیل عدم همپوشانی با ساختمان‌های مجاور، موجب افزایش



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

جدول 15- 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

| Integrated model of the AE 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<br>kwh/m <sup>2</sup> | 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%    |

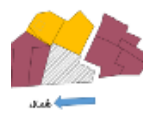
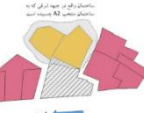
جدول 16- تأثیر هم‌جواری در میزان مصرف انرژی سرمایشی

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    |

جدول 17- 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

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

### 3-نتایج و بحث

همان‌طور که قبلاً 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 گرم و 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



و در خصوص بافت‌های تاریخی که به‌دلیل معاصر سازی 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.

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 گرم و مرطوب 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 هم‌جواری در پژوهش‌های رتی، ریتان، استیمرس (Ratti&et al., 2003) و صنایعیان (Sanayeayan &et al., 2014) بیشتر بر روی بلوک‌های شهری انجام شده

#### 4- نتیجه گیری

نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می دهد که اجرای عایق حرارتی در دیواره ساختمان های هم جوار با کوچه های باریک یک متری و مدل تلفیقی به دست آمده در مرحله اول پژوهش، مصرف انرژی سرمایشی را تا میزان 20.92 درصد کاهش می دهد. لذا با مقایسه معماری اقلیمی و معماری معاصر در این پژوهش، این نتیجه حاصل شد که کوچه های 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 می دهند، در گذشته ثمربخش بوده، اما با توجه به نوسازی ساختمان های دیواره بافت تاریخی میزان مصرف انرژی در ساختمان های معاصر به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. لذا تورفتگی در جبهه ی جنوب غربی فرم و تلفیق آن با سایه اندازهای عمودی و افقی و به کارگیری عایق حرارتی در ساختمان های معاصر واقع در کوچه های باریک، میزان مصرف انرژی سرمایشی را کاهش می دهد.

از این رو، بر اساس تحلیل ها و شبیه سازی های صورت گرفته به منظور اجرای ساختمان های معاصر واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی مطابق با ضوابط بافت تاریخی، نتایج زیر به دست می آید:

- از طریق ایجاد تورفتگی در جبهه ی جنوب غربی فرم ساختمان های مسکونی واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی با چشم انداز رو به ساحل و دریافت نور غرب، موجب کاهش مصرف انرژی سرمایشی می شود.

- استفاده از عناصر سایه انداز در قسمت تورفتگی بنا در جبهه جنوب غربی ساختمان، علاوه بر پیروی از فرم های منتخب ضوابط بافت تاریخی، موجب کاهش مصرف انرژی سرمایشی می شود.

- با جهت گیری ساختمان های واقع در دیواره ساحلی به گونه ای که محور بلندشان شرق-غرب است موجب کاهش دریافت نور غرب می شود و بیشتر در معرض تابش از سمت جنوب، قرار می گیرند.

- حالت بهینه پیش آمدگی بر روی پنجره ها با عرض 80 سانتی متر و ارتفاع بین 2.3 تا 2.6 متر برای ساختمان های معاصر واقع در دیواره ساحلی بافت

مورد نظر، از بین حالت های ذکر شده (در سه عمق 30، 60 و 90 سانتی متری)، پس از تحلیل صورت گرفته 90 سانتی متر است.

- با ایجاد پیش آمدگی (لوورها) به صورت صفحه عمودی به ارتفاع 73 سانتی متر (فاصله بالای پنجره تا کف طبقه) و به فاصله 30 سانتی متر از نما موجب کاهش مصرف انرژی سرمایشی می شود.

- تلفیق فرم و سایه اندازهای افقی و عمودی به منظور کاهش مصرف انرژی سرمایشی برای ساختمان های معاصر با اقلیم گرم و مرطوب مناسب بوده که می تواند به عنوان الگویی در ضوابط بافت تاریخی اجرا شود.

- اضافه کردن لایه ای حرارتی عایق در دیوارهای خارجی و بام ساختمان های واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی در مجاورت کوچه یک متری موجب کاهش مصرف انرژی سرمایشی می شود.

- ادغام فرم هندسی و عناصر سایه انداز به همراه اجرای عایق رطوبتی در سه وجه ساختمان موجب کاهش مصرف انرژی سرمایشی در ساختمان های معاصر واقع در دیواره ساحلی بافت تاریخی در مجاورت کوچه یک متری می شود.

از این رو، نتایج حاصل در این پژوهش جوابگوی مناسب برای کاهش مصرف انرژی سرمایشی در مجموعه ساختمان های مسکونی واقع در دیواره ساحلی مناطق گرم و مرطوب است. لذا، جهت دستیابی به اصولی مناسب در خصوص موارد ذکر شده در بالا نیازمند آشنایی هر چه بیشتر معماران با اصول و قواعد اولیه بهینه سازی مصرف انرژی است که بتوانند طرح های 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 ساختمان های معاصر مطابق با ضوابط بافت تاریخی نشان دهنده نیاز مبرم به بازبینی آیین نامه های اجرایی مقررات ملی ساختمان، مطابق با اقلیم هر منطقه و بستر طرح به منظور کاهش مصرف انرژی است.

با توجه به محدودیت های موجود در روند این پژوهش و از آنجایی که کوچه های باریک واقع در دیواره ساحلی بافت





*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](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](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.

تاریخی بوشهر به منظور تهویه طبیعی در گذشته 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 فلونتت 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.

## References

-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., & Mahdaveinejad, 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*



-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>

-Rahaei, 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>