صفحات ۹۳ - ۱۰۵
نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی ● دوره ۲۲ ● شماره ۴ ● زمستان ۱۳۹۶

بررسی دما، رطوبت نسبی و سرعت جریان باد در ساختمان‌های سنتی مسکونی بوشهر در فصل گرما*
(نمونه موردی: عمارت گلشن و عمارت دهدشتی)

جلیل شاعری[۱**]، **محمود یعقوبی**[۲]، **محمد علی آبادی**[۳]، **رزا وکیلی نژاد**[۴]
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
[۲] استاد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
[۳] استادیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
[۴] استادیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
(تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۲/۲۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۶/۱۰/۲۷)

چکیده

در ساختمان‌های بومی، از راهکارهای اقلیمی و غیرمنفعل بسیاری برای ایجاد آسایش حرارتی در محیط داخلی استفاده شده است. معماری بومی شهر بوشهر نیز در پاسخ به شرایط نامطلوب آب‌وهوایی، موقعیت خاص فرهنگی، اجتماعی، سیاسی و اقتصادی از ویژگی‌ها و عناصر خاصی برخوردار است. در بسیاری موارد، بهره‌گیری از ویژگی‌های این معماری و الگوبرداری از آن در ساختمان‌های مدرن، می‌تواند در راستای ایجاد شرایط آسایش حرارتی مطلوب واقع شود. در پژوهش حاضر، ابتدا ویژگی‌های اقلیمی خانه‌های بومی بوشهر معرفی شده و سپس دو عمارت گلشن و دهدشتی، جهت اندازه‌گیری‌های تجربی و بررسی رفتار حرارتی انتخاب شد. سپس با استفاده حسگرها، متغیرهای محیطی شامل دما، رطوبت نسبی و سرعت جریان باد در اتاق‌ها و حیاط مرکزی در بازه زمانی هفت‌روزه در ماه‌های مهر و آبان اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از مقایسه متغیرهای محیطی داخلی و خارجی نشان می‌دهد که شرایط حرارتی محیط داخلی ساختمان‌ها، متعادل‌تر و مطلوب‌تر از اقلیم گرم و مرطوب خارجی است. آسایش حرارتی در این عمارت‌های تاریخی، با استفاده از روش‌های سرمایش خورشیدی غیرفعال و تهویه طبیعی ایجاد شده که در ماه‌های گرم سال نیز همزمان با ایجاد رابطه سازگار با بستر ساختمان و شیوه زندگی، محیطی مساعد را برای زندگی ساکنین فراهم می‌کنند.

واژه‌های کلیدی
آسایش حرارتی، معماری سنتی، عمارت گلشن، عمارت دهدشتی، اقلیم گرم و مرطوب، بوشهر.

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نگارنده اول با عنوان: «طراحی شهرداری بوشهر با رویکرد تهویه طبیعی در کاهش مصرف انرژی» است که به راهنمایی نگارندگان دوم و سوم و مشاوره نگارنده چهارم در دانشکده هنر و معماری دانشگاه شیراز انجام شده است.
**نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۳۷۳۰۵۶۲۵۳، نمابر: ۰۷۱-۳۶۲۴۲۸۰۰، E-mail: jalil.shaeri@shirazu.ac.ir.

مقدمه

در معماری بومی، ارتباط و سازگاری ساختمان با محیط و بستر پیرامون، متضمن مصرف کمتر انرژی و نیز پاسخگویی به جنبه‌های مختلف فرهنگی است. در شرایط موجود، شناخت این معماری و الگوبرداری از آن در ساختارهای جدید راه‌حلی مطلوب و موثر محسوب می‌گردد. معماری بوشهر، از مصادیق منحصر به فرد معماری بومی است که در ارتباط با تامین آسایش حرارتی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. شرایط سخت اقلیمی گرم و مرطوب بوشهر، معماری و بافت شهری آن را ناگزیر به خلق راهکارهای اقلیمی فراوان نموده است. عوامل متعددی از جمله ارتفاع کم از سطح دریا، عرض جغرافیایی پایین، مجاورت با پهنه وسیع آب، وزش بادهای گرم از جنوب غربی و نیز بادهای گرم و مرطوب دریایی و عبور پاییزی زمستانی، سیکلون‌های سودانی و مدیترانه‌ای، از عوامل تعیین‌کننده وضعیت اقلیمی این شهر هستند. براساس پژوهش‌های جدید، میان مفهوم شهر پایدار و مفاهیم تراکم و فشردگی، رابطه معناداری وجود دارد چرا که تامین آسایش اقلیمی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، به علت تقلیل سطوح ابنیه و بافت شهری، در معرض تابش خورشیدی و ایجاد فشردگی صورت می‌پذیرد (Foruzanmehr, 2012, 53; Tzikopoulos, Karatza, & Paravantis, 2005, 536). الگوبرداری از ساختمان‌های بومی، علاوه بر ساختار کلی، در جنبه‌های شکل‌گیری، فضاسازی، تکنیک‌های سازه‌ای و نحوه کنترل دما و جریان باد قابل تامل است. پژوهش حاضر، با هدف دستیابی به میزان تاثیر و عملکرد عناصر حرارتی غیرفعال در خانه‌های بومی بوشهر به بررسی مولفه‌های اقلیمی در دو عمارت سنتی گلشن و دهدشتی پرداخته است.

بسیاری از پژوهش‌های معماری، بین‌رشته‌ای بوده و نیازمند روش‌های خاص ترکیبی هستند. پژوهش حاضر نیز با توجه به راهبرد مورد استفاده جهت دستیابی به هدف پژوهش، تحقیقی میان‌رشته‌ای تلقی می‌شود. فرض پایه پژوهش، ایجاد شرایط آسایش در ساختمان‌های بومی بوشهر با استفاده از عناصر معماری و راهکارهای غیرفعال است. روش تحقیق مورد استفاده، روشی ترکیبی است؛ در مرحله اول با استفاده از راهبرد تجربی، متغیرهای اصلی معرف معماری اقلیمی بوشهر شناسایی شده‌اند. شرایط اقلیمی دما، سرعت جریان باد و رطوبت نسبی، به عنوان متغیر مستقل و عناصر معماری مانند بازشوه‌ها، محل قرارگیری، فرم و جهت قرارگیری آنها به عنوان متغیرهای وابسته در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند. در این پژوهش، برای رسیدن به هدف، ابتدا عناصر غیرفعال در خانه‌های سنتی بوشهر را شناسایی کرده و سپس شرایط آسایش در دو خانه سنتی به صورت میدانی مورد تحلیل قرار گرفت. داده‌های مربوط به دما، رطوبت نسبی و سرعت جریان باد توسط دستگاه‌های دقیق دیجیتال در طول مدت آزمون اندازه‌گیری شده و در مرحله بعد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند. بدین ترتیب روش تحقیق انجام این پژوهش، ترکیبی از راهبردهای تجربی، مطالعات کتابخانه‌ای، مشاهده، برداشت‌ها و اندازه‌گیری‌های میدانی است.

پیشینه تحقیق

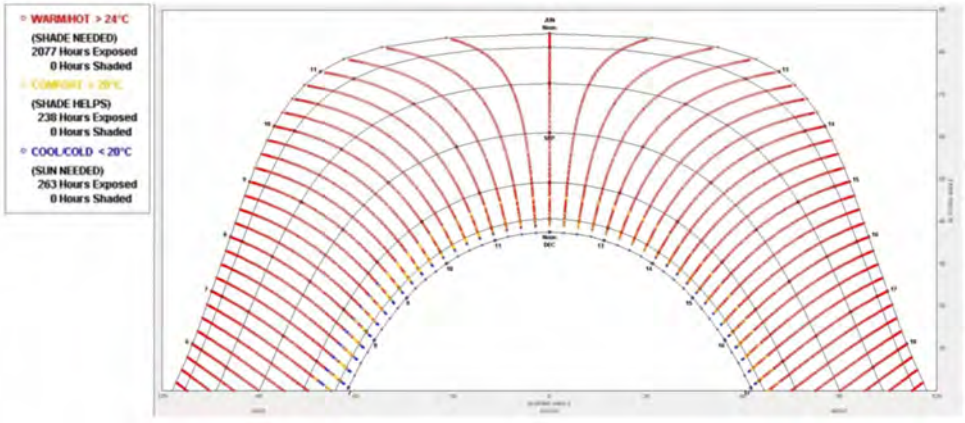
مطالعات نشان داده، اکثر ساختمان‌های سنتی در شرایط غیرفعال نسبت به ساختمان‌های مدرن، شرایط آسایش بهتری برای ساکنین دارند و انرژی کمتری مصرف می‌کنند (Nematchoua, Tchinda, & Orosa, 2014, 690; Dili, Naseer, & Varghese, 2010, 2145). در مطالعه‌ای که در اقلیم گرم و مرطوب سنگاپور در خانه‌های مالایی صورت گرفته، خانه‌های بومی در ارتباط با طبیعت و متناسب با فرهنگ منطقه بوده‌اند و آسایش حرارتی برای ساکنین خانه برآورده ساخته است (Ramli, 2012, 21). مطالعات در خانه‌های بومی مناطق گرم و مرطوب نشان داده که برای ایجاد آسایش حرارتی در این اقلیم، از حداکثر تهویه طبیعی برای کاهش رطوبت استفاده نموده‌اند (Dili, Naseer, & Varghese, 2145; Labaki & Kowaltowski, 1998, 66; Nematchoua, Tchinda, & Orosa, 2014, 690; Ramli, 2012, 21; Sarkar, 2013, 66; Wang, Liu, Liu, Wang, & Chen, 2011, 246). همچنین به منظور استفاده از جریان باد، ساختمان را از زمین فاصله می‌دادند تا حرکت هوای زیر آن، دمای هوای داخل را کاهش دهد (Ramli, 2012, 13). با اینکه جریان باد باعث کاهش رطوبت نسبی می‌گردد، باید توجه کرد در اقلیم گرم و مرطوب در روزهای گرم، بایستی جریان باد کمتری به داخل هدایت شود و در طول شب این هدایت افزایش یابد (Borong et al., 2004, 75; Toe & Kubota, 2015, 240). در ساختمان‌های سنتی کره در اقلیم گرم و مرطوب، با ایجاد اختلاف دما در حیاط و حیاط خلوت، جریان هوای سرد ایجاد می‌شده که به محیط داخلی آورده شده و باعث آسایش ساکنان می‌گردیده است (Ryu, Kim, & Lee, 2009, 22). در مطالعه‌ی دیگر نشان داده شده است که در خانه‌های بومی عمان در کنار ساحل، در اقلیم گرم و مرطوب؛ از نسیم دریا به خشکی برای تهویه طبیعی استفاده شده است (Al-Hinai, Batty, & Probert, 1993, 240). در مناطق ساحلی دیگر، از عنصر بادگیر برای هدایت باد به محیط داخل برای کاهش رطوبت نسبی استفاده کرده‌اند (Saadatian, Haw, Sopian, & Sulaiman, 2012, 1485). همچنین درمحیط‌های باز مناطق گرم و مرطوب، از سرعت باد برای رسیدن به آسایش

حرارتی استفاده شده است (Wang et al., 2011, 246). جهت‌گیری ساختمان‌ها در این اقلیم، معمولاً شرقی- غربی است تا از نور آفتاب در زمستان استفاده کنند (Sarkar, 2013, 65). همچنین از پنجره‌هایی با سایبان‌های افقی و عمودی در جبهه جنوبی به منظور ایجاد سایه در تابستان استفاده گردیده است (Toe & Kubota, 2015, 240). در ساختمان‌های بومی، از تابش بندهایی برای کنترل نور در تراس‌ها و ایجاد سایه برای کاهش دما استفاده گردیده است (Singh, Mahapatra & Atreya, 2009, 885; 2010, 326). از رنگ‌های روشن در جبهه‌های بیرونی در ساختمان‌های بومی استفاده شده است (Nematchoua et al., 2014). همچنین استفاده از مصالح بومی با ظرفیت حرارتی کم در خانه‌های سنتی مانند چوب، چوب بامبو و یا تنه‌ی درخت نخل به منظور کاهش ذخیره‌سازی گرما و از سنگ، گل و آهک در ساختمان استفاده شده است (Al-Hinai, Batty & Probert, 1993, 240; Nematchoua, Tchinda & Orosa, 2014, 690; Ramli, 2012; Sarkar, 2013, 67; Singh, Mahapatra & Atreya, 2009, 886). حیاط مرکزی در این اقلیم، باید کوچک باشد تا نور آفتاب کمتری در طول روز دریافت کند و در طول شب تابش شبانه خنک‌کننده بر روی سقف اتاق‌های اطراف حیاط مرکزی با سقف‌های شیب‌دار به طرف حیاط مرکزی هدایت گردد (Toe & Kubota, 2015, 241). مروری بر نوشته‌ها و تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که استفاده از خلاقیت‌هایی به‌کاررفته در معماری بومی، در اقلیم‌های گرم و مرطوب در دنیای مدرن، بخش قابل توجهی از مشکلات ناشی از آسایش حرارتی و انرژی را می‌تواند حل کند. معماری بومی شهر بوشهر، دارای جنبه‌های خلاقانه غیرفعال بسیاری است. این معماری، دارای عناصر و راهکارهای غیرفعال خاصی برای استفاده از جریان باد به منظور کاهش رطوبت و ایجاد سایه برای کاهش دما و غیره می‌باشد که این پژوهش به آن می‌پردازد.

آب و هوای بوشهر

شهر بوشهر در ۲۸٫۹۶ درجه عرض شمالی و ۵۲٫۸۳ درجه طول شرقی در جنوب ایران در کنار ساحل دریای خلیج فارس واقع شده است. ارتفاع شهر بوشهر از سطح دریا ۸ متر می‌باشد. آب و هوای این شهر گرم و مرطوب می‌باشد. دمای خشک بندر بوشهر در تصویر۱ نشان داده شده است. حداکثر دما، حداقل دما و متوسط دمای مربوط به هر ماه در تصویر۱ مشخص شده است. میانگین بالاترین دما در بازه زمانی از ۱۰ تیر تا ۹ شهریور برابر ۳۶ درجه سانتیگراد است و از ۱۱ دی تا ۹ اسفند، در روز و شب نیاز به گرمایش می‌باشد. طبق تصویر۱، از ۱۰ آبان تا ۱۰ دی و از ۱۱ اسفند تا ۱۱ فروردین در شب‌ها نیاز به گرمایش بوده و در روزهای این ماه‌ها شرایط آسایش برقرار است. در شب‌ها و روزها از ۱۰ تیر تا ۹ شهریور نیاز به سرمایش و در شب‌های بقیه ماه‌های سال آسایش برقرار و روزها هوا گرم می‌باشد. میانگین رطوبت نسبی در بندر بوشهر به طور متوسط بین ۶۰٪ تا ۷۰٪ است؛ لذا

تصویر۱- نمودار دما درماه‌های سال در شهر بوشهر (نرم افزار climate consultant نسخه ۶).



تصویر۲- نمودار سایه و آفتاب درماه‌های گرم سال در شهر بوشهر (نرم افزار climate consultant نسخه ۶).

احساس گرما با توجه به بالاتر بودن رطوبت نسبی در ماه‌های گرم سال، از آنچه ذکر شد، سخت‌تر می‌باشد .

در تصویر۲، نمودار سایه و خورشید شهر بوشهر نشان داده شده است. طبق این نمودار، در روزها با دمای بیشتر از ۲۴ درجه سانتی‌گراد، ۲۰۷۷ ساعت نیاز به سایه‌اندازی برای رسیدن به آسایش حرارتی محیط داخل است. همچنین در دمای بین ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتیگراد در سال، ۲۳۸ ساعت با کمک سایه‌اندازی شرایط آسایش برقرار می‌گردد. در روزها با دمای کمتر از ۲۰ درجه سانتی گراد در سال، ۲۶۳ ساعت نیاز به تابش خورشید می‌باشد تا آسایش محیط داخل ایجاد گردد.

تصویر۳، جهت وزش بادهای محلی را برای شهر بوشهر نشان داده است. براساس این تصویر، جهت وزش غالب و مطلوب در طول سال شمال و شمال‌غربی می‌باشد و متوسط سرعت جریان باد ۳/۵ m/s است. باد از جهت شمال غرب با زاویه ۳۲۰ درجه نسب به شمال دارای متوسط رطوبت نسبی ۵۰ درصد و دمای ۲۲ درجه سانتیگراد می‌باشد که بسیار مطلوب می‌باشد. همچنین جریان باد با زاویه ۳۰۰ درجه نسبت به شمال، غالب‌ترین در طول سال است که دارای متوسط رطوبت نسبی ۵۰ درصد و متوسط دمای ۳۱ درجه سانتیگراد است.

تمهیدات طراحی اقلیمی در بافت شهری

بافت تاریخی بوشهر با توجه به موقعیت مکانی و تاثیرات بومی، دارای قابلیت‌هایی است که امکان ایجاد شرایط آسایش را در درون خود فراهم می‌سازد. بیشترین ظرفیت‌ها در این بافت، به شرایط شکل‌گیری آن و وزش باد در شهر برمی‌گردد. در اینجا این قابلیت‌ها به صورت اجمالی بیان می‌شود.

۱. کلیت بافت به صورت فشرده با کوچه‌های تنگ و کم‌عرض می‌باشد که نسبت ارتفاع دیوارها به عرض کوچه، تقریباً شش به یک است. کوچه‌های باریک و کم عرض باعث شده که این کوچه‌ها معمولاً در سایه باشند. این سایه‌اندازی‌ها دمای کوچه را کاهش می‌دهد. علاوه بر آن، با سایه‌اندازی کوچه‌ها، بدنه خارجی ساختمان‌ها همیشه در سایه قرار می‌گیرند که برای کاهش دمای داخل ساختمان مناسب است. همچنین ارتفاع زیاد کوچه، کم عرض بودن آن و ارگانیک بودن کوچه‌ها، باعث تقویت جریان باد درون کوچه‌ها می‌شود (Takapoomanesh, 2008, 133).

۲. برای رسیدن به آسایش حرارتی، از سایه‌اندازی در معابر و فضاهای باز محله استفاده شده است. همچنین در ساختمان‌ها، جهت سایه‌اندازی از شناشیر و طارمه استفاده شده است که محیط مطبوعی را برای ساکنین فراهم می‌آورد.

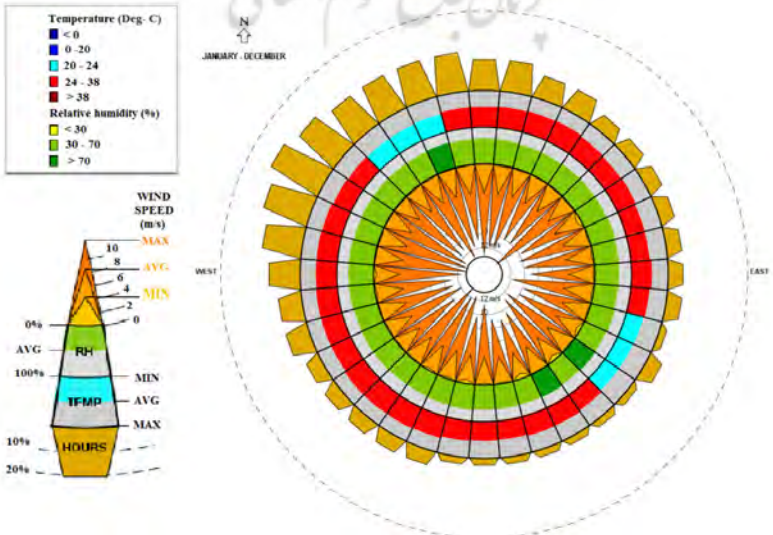
۳. از ویژگی‌های اصلی بافت سنتی بوشهر، می‌توان به برون‌گرایی، دارا بودن کمترین بدنه مشترک در همسایگی‌ها با هدف بیشترین استفاده از جریان هوا، شبکه‌های نامنظم از کوچه‌های متقاطع که از میادین کوچک بافت عبور کرده و به دریا ختم می‌شود و گردش هوا در اطراف ساختمان نام برد.

۴. مسیرهای دسترسی بافت در یک سلسله مراتب اقلیمی مانند دما، رطوبت، جهت باد و شرایط طبیعی زمین شکل گرفته است. توده و فضای این بافت، به فشار هوای متفاوت در محیط منجر می‌شوند و کوران هوا را تسهیل می‌کند.

۵. رنگ سطوح در بافت، مساله‌ی قابل توجه دیگری می‌باشد. در این بافت سعی شده از رنگ‌های روشن استفاده شود و در حد امکان سطوح به رنگ سفید درآید. این انتخاب رنگ که در شهرهای دیگر حاشیه‌ی خلیج فارس نیز دیده می‌شود، برای دفع گرمای حاصل از تابش خورشید می‌باشد (Cheng, Ng & Givoni, 2005, 532).

۶. بدنه فضاهای عمومی نیز متناسب با جریان باد شکل گرفته است به گونه‌ای که بافت قدیم بوشهر، بیشترین بازشوها را به سمت بیرون داراست. بازشوها در سطوح مختلف با فرم‌های متنوع شکل گرفته‌اند که علاوه بر کارکرد اقلیمی، بر تنوع بصری فضاهای شهری نیز اثر می‌گذارد.

با نگاهی اجمالی به بافت مشاهده می‌شود که کوران



تصویر ۳- متوسط سرعت و جهت بادهای محلی بوشهر در کل سال (نرم افزار climate consultant نسخه ۶).

هوا،علاوه بر پایین آوردن رطوبت معابر و ایجاد آسایش حرارتی، رطوبت دیوارهای دو طرف کوچه را نیز جذب می‌کند. با خشك‌شدن این دیوارها ،به دلیل استفاده از مصالح ساختمانی بومی یعنی سنگ‌های متخلخل دریایی، رطوبت فضای داخلی نیز جذب می‌شود. در واقع با ایجاد کوران در معابر، قسمتی از رطوبت فضای داخلی از طریق دیوار به بیرون هدایت می‌شود. در نهایت، میزان رطوبت و جریان هوا درون فضای معماری و به طبع آن دمای حاکم بر محیط، به شرایط آسایش انسانی نزدیك‌تر می‌گردد. بافت به صورت بستری متناسب با زندگی و هماهنگ با محیط شکل می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین فاکتورهای آب و هوایی که بر شرایط تهویه شهری اثر می‌گذارد، باد منطقه‌ای است و بهترین روش برای مقابله با شرایط سخت آب و هوایی، جریان باد با ایجاد سایه محسوب می‌شود (Bravo & González, 2013, 80; Cândido, de Dear, Lamberts & Bittencourt, 2010, 226; Chen, Zhang, Wang & Meng, 2010, 533; Peng, 2010; Rupp & Ghisi, 2014, 508). علاوه بر آن، توجه به دو عامل بسیار مهم و تعیین‌کننده بافت شهری و فرم بنا جهت آسایش حرارتی داخل و کاهش مصرف انرژی ضروری است (Tzikopoulos et al., 2005, 536).

قابلیت‌های کنترل دما و رطوبت در ساختمان‌های بومی بوشهر

ساختار کلی ساختمان‌های بافت در جهتی پیش رفته است که شرایط آسایش در فضای زندگی به وجود آورد. حرکت به سمت ایجاد محیط انسانی، نه تنها در کلیت شکل‌گیری بافت، بلکه در تك تک بناها و فضاهای مجزای ساختمان‌های تاریخی و عناصر معماری بومی کاملاً مشهود است. عناصر معماری در خانه‌های سنتی، هرکدام با توجه به نقشی که در افزایش جریان هوا، کاهش رطوبت و متناسب‌کردن دما دارند، در فضای کلی معماری تعریف می‌شوند. قابلیت‌های کنترل دما و شرجی در عناصر معماری را می‌توان در موارد زیر بررسی کرد:

• **حیاط:** وجود حیاط مرکزی در قلب بنا، موجب استفاده بهتر از کوران هوا شده و یک لایه بودن فضاهای بنا را امکان‌پذیر می‌کند. عملکرد حیاط در ارتباط با جریان باد، در ایجاد تهویه طبیعی می‌باشد؛ همچنین باعث سایه‌اندازی بر جداره‌ها می‌گردد (هدایت و طبائیان، ۱۳۹۱، ۴۲). در هر فضا، با بازکردن پنجره‌ها رو به حیاط از یک طرف و پنجره‌ها رو به کوچه از طرف دیگر، تهویه عرضی صورت گرفته و از شدت گرما و رطوبت کاسته می‌شود. حیاط مرکزی باعث می‌شود که فضاهای باز مانند هواکش برای فضاهای داخلی عمل کرده و باعث خروج هوای گرم شود. پس در واقع حیاط مرکزی، علاوه بر سازماندهی فضاهای مختلف در جوار خود و ارتباط این فضاها با هم، یک نوع هواکش مصنوعی نیز محسوب می‌گردد. با توجه به بررسی پلان‌های مربوط به خانه‌های تاریخی در بوشهر، مشهود است که حیاط مرکزی این خانه‌ها می‌توانند نقشی موثر و کارآمد در ایجاد فضای مطبوع درون خانه و برقراری جریان هوا داشته باشد.

• **شناشیر:** فضای نیمه بازی است که در جلوی فضای بسته قرار گرفته است و فضای بسته پشت خود را از تابش مستقیم آفتاب محافظت می‌کند و به دلیل سایه‌ای که روی سطوح خارجی بنا ایجاد می‌کنند موجب کاهش دمای جداره بیرونی می‌گردد.

• **بازشوها:** بازشو در معماری اقلیم گرم و مرطوب، نقش مهمی ایفا می‌کند. محل قرارگیری بازشوهای اتاق، نسبتاً به جهت حرکت باد می‌باشد که تاثیر زیادی در ایجاد شرایط آسایش حرارتی در ساختمان دارد. تعیین جهت قراگیری بازشوها در ساختمان بسیار مهم است و بر اساس تأمین نور و عبور جریان هوای مناسب در بنا می‌باشد. به همین دلیل، بافت قدیم بوشهر، بیشترین بازشوها را به سمت بیرون و در جهت شمالی و غربی دارد. نمونه خاص پنجره در بافت، پنجره‌های ۴۵ درجه بوده که قابلیت باز و بسته شدن متناسب با جهت و میزان وزش باد را دارا است. در جایی که پنجره‌ها در دیوارهای هم‌جوار قرار گرفته باشند، تهویه دو طرفه هوا با قراردادن دیوارهای الحاقی در نزدیکی بازشوی پنجره‌ها تقویت می‌شود (رنجبر، پورجعفر و خلیجی، ۱۳۸۹، ۳۰).

• **طارمه:** فضایی است غیرمحصور و مسقف که در طبقات در نظر گرفته می‌شود و دورتا دور آن با کرکره‌های چوبی و آفتابگیر حصیری پوشیده شده است. طارمه، فضای نیمه‌باز مستقلی است که در معرض کوران دائم هوا بوده و خنک‌تر از سایر قسمت‌های بنا می‌باشد، علاوه بر آن باعث ورود باد مطلوب به داخل فضاهای بنا نیز می‌گردد (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۹، ۳۲).

• **اتاق‌ها:** معمولاً عمق اتاق‌های اطراف حیاط که در ضلع‌های مختلف بنا و در طبقات مختلف شکل می‌گیرد، به نسبت طول زیاد نیست که دارای نسبت ۱ به ۲ یا ۱ به ۳ می‌باشند. همچنین، قرار گرفتن دو فضای باز (فضای شهری و حیاط)، امکان تهویه هر چه بیشتر را فراهم می‌آورد. ارتفاع بلند اتاق باعث می‌شود هوای گرم به بالا صعود کند و هوا در سطح پایین اتاق حرارت کمتری داشته باشد، علاوه بر آن، ارتفاع ساختمان از سطح زمین، یکی از عوامل میزان فشار باد بر ساختمان و در نتیجه میزان استفاده از باد و تهویه طبیعی است (نیک‌قدم، ۱۳۹۵، ۳۵).

• **تک لایه بودن:** اتاق‌هایی که از یک سو به حیاط و از سوی دیگر به کوچه یا فضای باز دید دارند، دارای بازشوهایی در هر دو جبهه هستند تا امکان بهره‌مندی کامل از کوران هوا را داشته باشند. چرا که به لحاظ اهمیت برقراری کوران هوا، هر فضا باید دارای دریچه‌ای برای ورود هوا در منطقه فشار و دریچه ای برای خروج آن در منطقه مکش باشد. بدین ترتیب بهتر است هر فضا از دو جبهه با هوای آزاد در ارتباط باشد که طبعاً یک لایه بودن ساختمان را موجب می‌گردد.

به طور کلی، تهویه طبیعی در این ساختمان‌ها دارای سه عملکرد مختلف است که به ترتیب عبارتند از:

• تامین هوای قابل تنفس در داخل ساختمان از طریق جانشین ساختن هوای تازه خارجی با هوای آلوده و مصرف شده داخلی

• ایجاد آسایش فیزیکی از طریق بالابردن میزان کاهش دمای

اضافی بدن با تبخیر عرق ایجاد شده برروی پوست، همچنین کمک به ایجاد آسایش فیزیکی در داخل ساختمان از طریق خنک سازی توده مصالح ساختمان که باعث کاهش دمای اتاق می‌گردد.

قابلیت‌های مصالح در تامین شرایط آسایش

مصالح به کار رفته در ساختمان‌های بافت قدیمی بوشهر، سنگ محلی(تسک)، گچ محلی(آهک)، چوب (از نوع چندل)، تخته، حصیر، چدن، شیشه و ملات شل تشکیل شده است. این مصالح، با توجه به سهولت دستیابی به معادن، انطباق و سازگاری با شرایط اقلیمی و آب و هوایی و ارتباط داشتن با مناطق صادر کننده چوب، انتخاب شده است.

• **سنگ مرجانی:** سنگ مرجانی (تسک) با پایه‌ی آهکی است. این سنگ، یکی از اساسی‌ترین مصالح بومی بوشهر می‌باشد. این سنگ هم در پی‌سازی و هم در دیوار حایل و در ابنیه مرتفع استفاده می‌شده است، زیرا دارای مقاومت فشاری خوبی است و مقاومت بالایی در مقابل رطوبت دارد. از آنجا که این سنگ‌ها متخلخل هستند، عایق بسیار خوب حرارتی و صوتی نیز می‌باشند.

• **ملات گل و گچ:** خاک رس کوبیده و سرند شده را با آهک شکفته و آب مخلوط می‌کردند و به عنوان ملات برای پی‌سازی و دیوارچینی اسکلت بنا مورد استفاده قرار می‌دادند که این ملات، جهت استفاده در مکان‌هایی که دارای رطوبت و نفوذ مستقیم آب هستند، مورد استفاده قرار می‌گرفت (کریمی، ۱۳۹۱، ۹۰).

• **چوب:** در اقلیم گرم و مرطوب، از مصالحی که دارای ظرفیت حرارتی کم هستند، استفاده شده است. زیرا از لحاظ اقلیمی، مشکل اساسی، گرمای بیش از حد است و ذخیره نمودن حرارت روز برای شب کارایی ندارد. بدین دلیل، چوب بهترین نوع مصالح برای بام، در و پنجره‌ها در این منطقه است. چوب، حرارت را به کندی انتقال می‌دهد و حرارت کسب شده در طی روز بر روی سطح چوب باقی می‌ماند و با وزش نسیم نسبتاً خنک در شب، چوب حرارت خود را از دست می‌دهد (Gustavsson, Joelsson & Sathre, 2010, 236; Gustavsson & Sathre, 2006, 946).

دستگاه‌های اندازه گیری

برای اندازه‌گیری شرایط دمایی و آسایش حرارتی در خانه‌های بومی بوشهر از حسگرهای دما، رطوبت نسبی و سرعت جریان باد استفاده گردید. سرعت جریان باد با دستگاه سرعت‌سنج لوترن[1] مدل YH-90HT اندازه‌گیری شده است. این دستگاه دارای حسگر سیم حرارتی[2] بوده و قابلیت اتصال به کامپیوتر و ثبت نوسانات سرعت باد را به صورت نمودار دارد. ضمن آنکه این دستگاه با استفاده از حسگر دمایی، قابلیت ثبت دما را نیز دارد. دقت اندازه‌گیری $\pm 0,2 \, m/s$ برای سرعت باد و $\pm 0,6 \, ^{\circ}C$ برای دما است. برای اندازه‌گیری رطوبت از دستگاه رطوبت‌سنج لوترن مدل YH-2005RH با دقت اندازه‌گیری ۳٪± استفاده شده که با اتصال به کامپیوتر، مقادیر رطوبت نسبی را ثبت می‌کند.

بررسی نمونه‌های موردی

پس از بازشناسی عناصر تاثیرگذار بر اقلیم و معماری بوشهر و موارد تامین‌کننده تعادل محیط و ایجاد شرایط آسایش، دو نمونه از عمارت‌های تاریخی بوشهر گلشن و دهدشتی، به عنوان نمونه‌های موردی مورد تست و آزمون قرار گرفت. عمارت گلشن و دهدشتی، از بناهای دوره قاجاریه می‌باشد که در بافت تاریخی شهر بوشهر واقع شده‌اند (تصویر ۴). عمارت گلشن، در فاصله ۱۰ متری دریای خلیج فارس در کنار ساحل قرار گرفته و در سه طبقه (همکف- اول - دوم) و به صورت حیاط مرکزی طراحی شده است. در جدول ۱، پلان خانه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. مصالح اصلی بنای گلشن، سنگ مرجانی و ملات گچ می باشد و سقف آن به صورت تیرپوش به وسیله تیرهای چندل و حصیرو تخته‌کوبی ساخته شده است. دیواره‌های فضاها دارای بازشوهای متعددی است که به سمت حیاط مرکزی و جبهه‌های بیرونی بنا راه داشته و به وسیله چوب ساج ساخته شده‌اند. طبقات مختلف بوسیله‌ی راه‌پله‌هایی حلزونی شکلی در چهار جبهه ساختمان به هم ارتباط داده شده‌اند. طبقه اول شامل: آب انبار، حمام و دستشویی، آشپزخانه و جای نگهداری خدمه و طبقات دوم و سوم جهت سکونت و پذیرایی و امور تجاری بوده است. در عمارت گلشن، برای ورود نسیم دریا به خشکی و ورود بیشتر آن به حیاط مرکزی، در طبقه‌ی آخر، ضلع رو به دریا ساخته نشده‌است (تصویر ۵).

عمارت دهدشتی، در سه طبقه و به صورت حیاط مرکزی ساخته شده است (تصویر ۶). طبقات مختلف این بنا، به وسیله پلکان دو طرف حیاط به هم مرتبط شده‌اند. این بنا نیز از مصالح سنگ مرجانی، ملات گچ و پوشش مسطح تیر پوش (چندل و تخته کوبی) ساخته شده است. پلان تمامی اتاق‌ها به صورت مستطیل شکل و در ارتباط کامل با فضاهای اطراف طراحی شده‌اند (جدول ۱). ارتباط فضاهای معماری با حیاط مرکزی و فضای بیرون از بنا، وجود بازشوهای متعدد در بدنه، فضاهای باز و نیمه باز، ایجاد کوران هوا و تهویه و نیز کاربری پشت بام به عنوان فضای زندگی فصلی در دو بنای گلشن و دهدشتی، مهم‌ترین تمهیدات معماری برای مقابله با عامل آزاردهنده اقلیمی بوشهر، رطوبت و شرجی زیاد است.

آزمون‌های تجربی

برای بررسی شرایط دمایی و آسایش حرارتی خانه‌های مورد مطالعه، سه طبقه از خانه‌های نمونه موردی به طور دقیق مورد تجزیه و تحلیل و ارزیابی قرار گرفت که فضاهای بررسی شده در جدول۱ نشان داده شده است. از میان خانه‌ها، فضاهایی انتخاب گردید که دارای راهکارهای غیرفعال و متنوع‌تری از بقیه فضاها باشند تا بتوان شرایط دمایی و آسایش را در آنها ارزیابی نمود. همچنین علاوه بر اتاق‌ها، شرایط دما، رطوبت نسبی و جریان باد در حیاط مرکزی خانه‌ها اندازه گیری شد. داده‌های

به دست‌آمده با شرایط بیرونی مقایسه گردید. به منظور مقایسه شرایط داخل اتاق‌ها و حیاط مرکزی، داده‌های مربوط به فضاهای داخل با دما، رطوبت نسبی و جریان باد در فضای باز بیرون (بام هر خانه) مقایسه گردید. بدین منظور، آزمون دماسنجی و میانگین دمای روزانه و آزمون رطوبت‌سنجی و بادسنجی برای این بناها در ۷ روز از روزهای مهر و آبان در ساعت ۱۰ قبل از ظهر ثبت شده و مورد بررسی قرار گرفته است، به این علت که طبق تصویر۱، مهر و آبان از ماه‌های گرم برای بوشهر می‌باشد و ساعت ۱۰ قبل از ظهر از ساعات فعال خانه بوده است که می‌توان به توانایی معماری بومی در ایجاد شرایط آسایش در ماه گرم سال پی برد. در جدول ۱، اتاق‌های مورد مطالعه مشخص گردیده که حسگرها دقیقاً وسط اتاق و در ارتفاع ۰/۸ متر که ارتفاع سر انسان در حالت نشستن است، قرار گرفته بودند. همچنین برای بررسی شرایط حیاط مرکزی، حسگرها در مرکز آن و در ارتفاع ۱/۵ متری قرار گرفته است و برای بررسی شرایط بیرون، حسگرها بر روی بام هر خانه در ارتفاع ۱/۵ متری قرار گرفته بودند.

یافته‌ها و بحث

دما

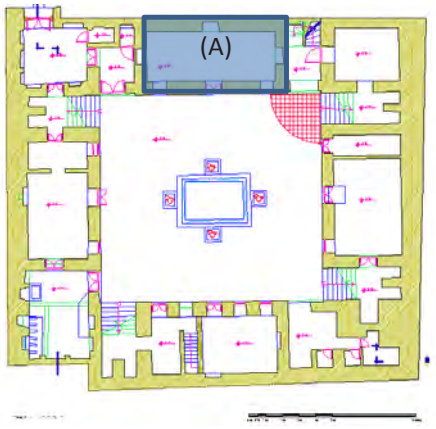
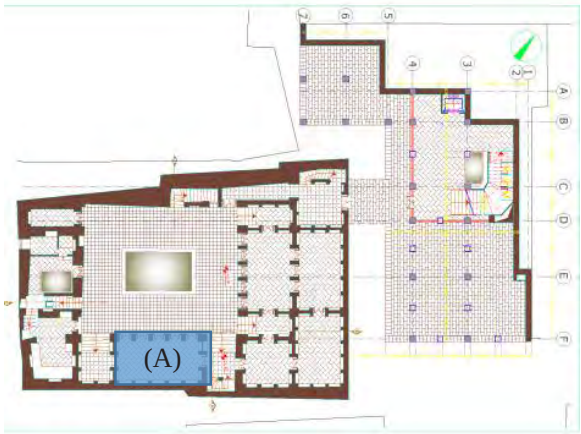
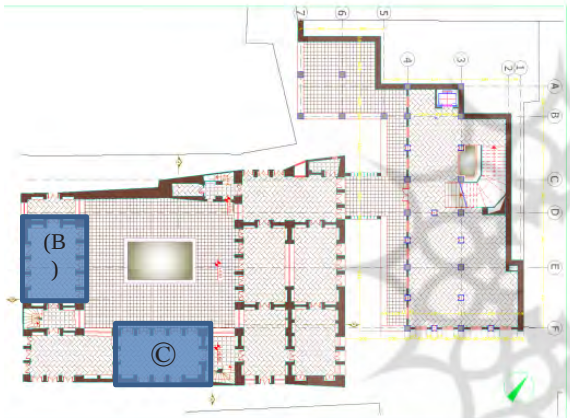
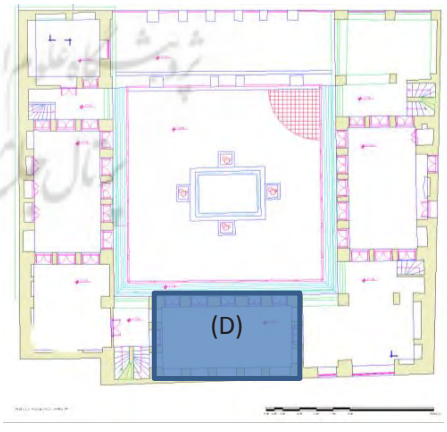
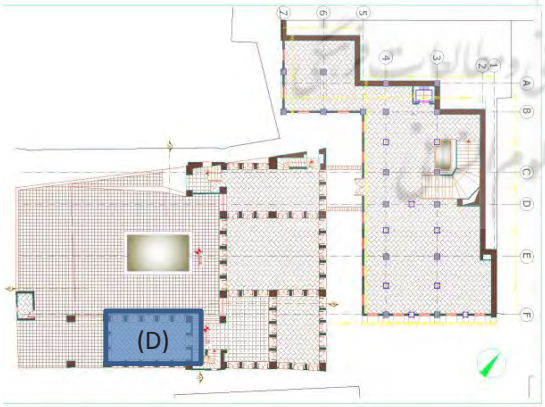
در تصویر۷، مقدار دمای خشک هوای اندازه‌گیری‌شده اتاق‌ها، حیاط مرکزی عمارت گلشن و دهدشتی در روزهای آزمون نشان داده شده است و در تصویر ۸، متوسط دمای خشک هوا در اتاق‌ها و حیاط مرکزی دو خانه در روزهای آزمون نشان داده شده است. بر اساس تصویر ۷، دمای هوای همه‌ی اتاق‌ها و حیاط مرکزی در دو خانه از دمای هوای بیرون کمتر است که برای آسایش حرارتی مناسب است. بر اساس تصویر ۸، دمای اتاق‌های دو خانه ۱/۸ درجه سانتیگراد کمتر از دمای بیرون است. این اختلاف دمای اتاق‌ها نسبت به دمای بیرون، به این سبب می‌باشد که بافت اطراف خانه‌های مورد مطالعه فشرده بوده و کوچه‌های تنگ و باریک، باعث گردیده این کوچه‌ها در سایه باشند و سایه‌اندازی بر روی دیوارها، موجب کاهش دمای فضای داخلی نیز گردد. همچنین در بدنه‌های خارجی از

تصویر۴- مکان قرارگیری دو عمارت گلشن و دهدشتی در بافت سنتی بوشهر.

تصویر۵- حیاط مرکزی عمارت گلشن.

تصویر۶- حیاط مرکزی عمارت دهدشتی.

جدول ۱- پلان دو عمارت گلشن و دهدشتی و مکان اتاق‌های مورد مطالعه.

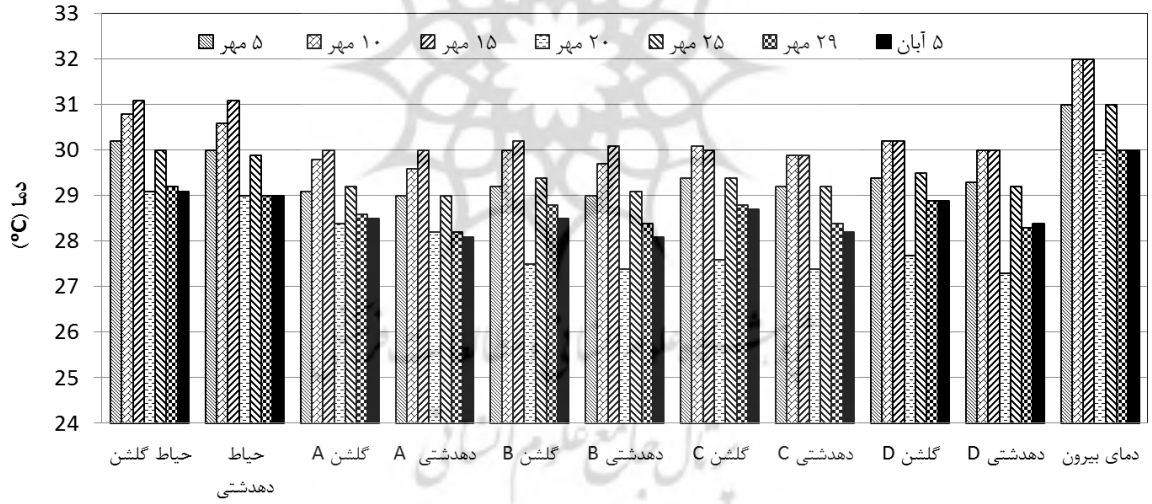
	گلشن	دهدشتی
طبقه همکف		
طبقه اول		
طبقه دوم		

رنگ‌های روشن استفاده گردیده که برای اقلیم گرم و مرطوب بوشهر بسیار مناسب است. علاوه بر این، استفاده از فضای نیمه‌باز در اطراف اتاق‌ها، استفاده از فضای طارمه و سایبان‌های افقی و عمودی باعث گردیده که سایه بیشتری ایجاد گردد که به کاهش دمای اتاق‌ها کمک می‌کند. استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی کم مانند چوب در ساخت سایبان و سقف در اقلیم گرم و مرطوب بسیار مناسب است که در خانه‌های مورد مطالعه استفاده گردیده است. همچنین استفاده از سنگ‌های متخلخل مرجانی در دیوارهای بیرونی، عایق مناسبی برای مقابله با حرارت می‌باشد. همچنین ضخامت زیاد دیوارها، مانع جابجایی حرارت می‌گردد که منجر به کاهش دمای داخل نسبت به محیط بیرون می‌شود. با توجه به تصویر ۷، دمای هوای اندازه‌گیری شده در

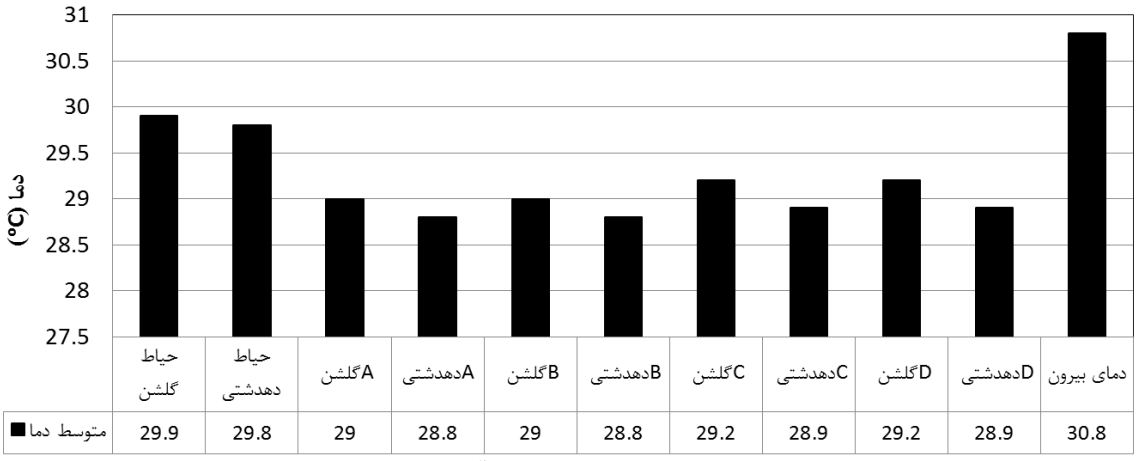
روزهای آزمون در حیاط مرکزی در دو خانه بین ۲۹ تا ۳۱/۱ درجه سانتی گراد است، در حالی که دمای هوای محیط بیرون بین ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی گراد می‌باشد. دمای هوا در حیاط مرکزی خانه‌ها حدود ۱ درجه سانتیگراد کمتر از دمای محیط بیرون است (تصویر ۸). پایین بودن دمای حیاط مرکزی نسبت به محیط بیرون به این علت می‌باشد که حیاط مرکزی باعث ایجاد سایه‌اندازی بر روی دیوارها می‌گردد که به کاهش دمای محیط کمک می‌کند. همچنین دیده می‌شود که دمای هوای اتاق‌های عمارت دهدشتی به مقدار ۰/۲ درجه سانتیگراد کمتر از اتاق‌های عمارت گلشن است که به علت قرارگیری در داخل بافت می‌باشد که سایه‌اندازی بیشتری بر روی دیوارها و فضاها دارد و عمارت دهدشتی دارای حیاط مرکزی با ارتفاع بیشتری از خانه گلشن است که سایه‌اندازی بیشتری ایجاد می‌کند.

سرعت جریان باد

در تصویر ۹، میزان سرعت جریان باد اندازه‌گیری شده در اتاق‌ها و حیاط مرکزی عمارت گلشن و دهدشتی در روزهای آزمون نشان داده شده است. همچنین در تصویر ۱۰، متوسط سرعت جریان باد در اتاق‌ها و حیاط مرکزی فضاهای مورد مطالعه در روزهای آزمون ملاحظه می‌شود. طبق تصویر ۹، کمترین سرعت جریان باد در حیاط مرکزی دو خانه در روزهای آزمون مربوط به عمارت دهدشتی به اندازه‌ی ۰/۷ m/s می‌باشد به این علت که عمارت دهدشتی در میان بافت سنتی بوشهر قرار گرفته است. سرعت جریان باد در حیاط مرکزی مربوط به عمارت گلشن، ۱/۲ m/s بیشتر از عمارت دهدشتی می‌باشد به این علت که ساختمان گلشن در کنار ساحل قرار گرفته است و یک ضلع از طبقه‌ی سوم عمارت گلشن که رو به دریا است، ساخته نشده است. سرعت جریان باد در اتاق‌های دو خانه‌ی مورد مطالعه بین ۰/۲ و ۰/۸ می‌باشد که کمترین سرعت جریان باد مربوط به اتاق B عمارت دهدشتی است و بیشترین سرعت مربوط به اتاق D عمارت گلشن می‌باشد، به این علت که در طبقه‌ی بالا قرار گرفته و رو به دریا است. مناسب بودن سرعت جریان باد اتاق‌های مورد مطالعه به این علت است که اتاق‌ها که از یک سو به حیاط مرکزی و از سوی دیگر به کوچه یا فضای باز دید دارند و دارای بازشوهایی در هر دو جبهه هستند که کوران هوا را بیشتر می‌کنند. همچنین با توجه به قرارگیری عمارت دهدشتی در میان بافت و توجه به ارگانیک‌بودن مسیرهای دسترسی، باریک بودن کوچه و ارتفاع زیاد آن، باعث فشار هوای متفاوت میشود که جریان باد را تقویت کرده که قرارگیری پنجره‌ها در بدنه خارجی، جریان باد را به داخل هدایت می‌کند. بایستی توجه نمود برون‌گرایی و قرارگیری



تصویر ۷- مقایسه‌ی دمای هوای اندازه گیری شده در عمارت‌های دهدشتی و گلشن در روزهای آزمون، ۱۳۹۵.



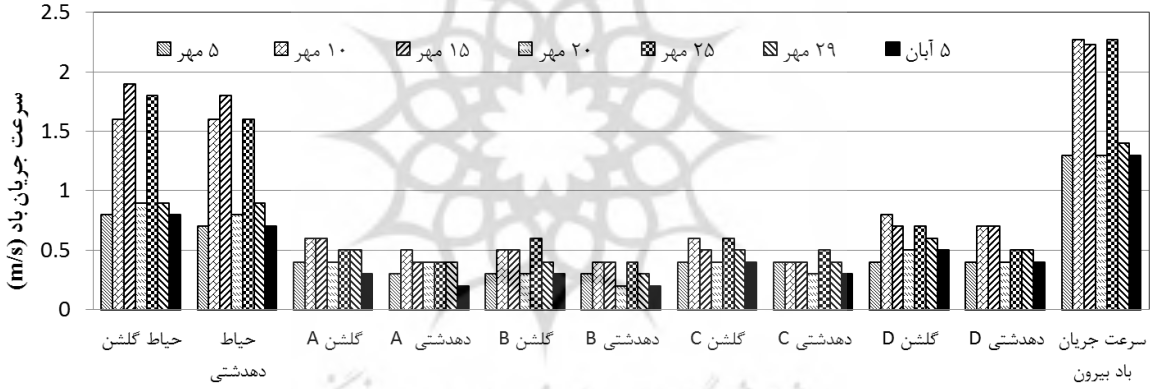
تصویر ۸- مقایسه‌ی متوسط دمای هوای اندازه‌گیری‌شده در عمارت‌های دهدشتی و گلشن در روزهای آزمون، ۱۳۹۵.

پنجره‌ها روبروی یکدیگر در هر دو خانه مورد مطالعه، کوران هوا را بیشتر می‌کند. طبق تصویر۱۰، سرعت جریان باد در حیاط مرکزی در هر دو خانه مورد مطالعه تقریباً ۰/۵ m/s کمتر از سرعت جریان باد محیط بیرون است که نشان می‌دهد حیاط مرکزی در اقلیم گرم و مرطوب بوشهر، نقش یک میکرو اقلیم دارد. متوسط میزان سرعت جریان باد در اتاق‌های عمارت گلشن و دهدشتی ۰/۴۳ m/s است. طبق تصویر۱۰، با توجه به افزایش ارتفاع و بیشترشدن سرعت جریان باد، سرعت جریان باد در طبقات بالای دو عمارت گلشن و دهدشتی از طبقات پایین اندکی بیشتر است.

رطوبت نسبی

تصویر۱۱، مقدار رطوبت نسبی اندازه‌گیری‌شده در اتاق‌ها و حیاط مرکزی خانه‌ها در روزهای آزمون نشان داده شده است. طبق تصویر۱۱، رطوبت نسبی همه‌ی اتاق‌ها و حیاط مرکزی در هر دو خانه از رطوبت نسبی هوای بیرون کمتر است که برای آسایش محیط داخل مناسب می‌باشد. این کاهش رطوبت نسبی، ناشی از کوران مناسب در اتاق‌ها می‌باشد. رطوبت نسبی اندازه‌گیری‌شده در روزهای آزمون در حیاط مرکزی در دو خانه بین ۶۱ تا ۶۶ درصد است، در حالی که رطوبت نسبی محیط بیرون، بین ۷۰ تا ۷۴ درصد می‌باشد. با توجه به تصویر۱۱، رطوبت نسبی اتاق‌های عمارت گلشن، به مقداری کمتر از اتاق‌های عمارت دهدشتی می‌باشد که به علت قرارگیری عمارت گلشن در نزدیکی دریا و وجود جریان باد با سرعت بیشتر می‌باشد. همچنین در هر دو عمارت، رطوبت نسبی اتاق‌ها با افزایش طبقه، اندکی کاهش می‌یابد که به علت افزایش جریان باد با توجه به افزایش ارتفاع است.

در تصویر۱۲، متوسط رطوبت نسبی روزهای آزمون در اتاق‌ها و حیاط مرکزی ملاحظه می‌شود. طبق تصویر ۱۲، رطوبت نسبی در حیاط مرکزی عمارت گلشن، ۱۱٪ کمتر از رطوبت نسبی محیط بیرون و رطوبت نسبی در حیاط مرکزی عمارت دهدشتی، ۱۰٪ از رطوبت نسبی محیط بیرون کمتر می‌باشد که نشان از مناسب‌بودن حیاط مرکزی در اقلیم گرم و مرطوب بوشهر است. میزان رطوبت نسبی در اتاق‌های عمارت گلشن و دهدشتی، ۱۸٪ از رطوبت نسبی محیط بیرون کمتر می‌باشد که برای آسایش محیط داخلی بسیار مناسب است. این کاهش، به علت قرارگیری پنجره اتاق‌ها رو به روی یکدیگر و برون‌گرایی ساختمان‌ها است که جریان باد بیشتری وارد فضای داخل می‌گردد و باعث گردش

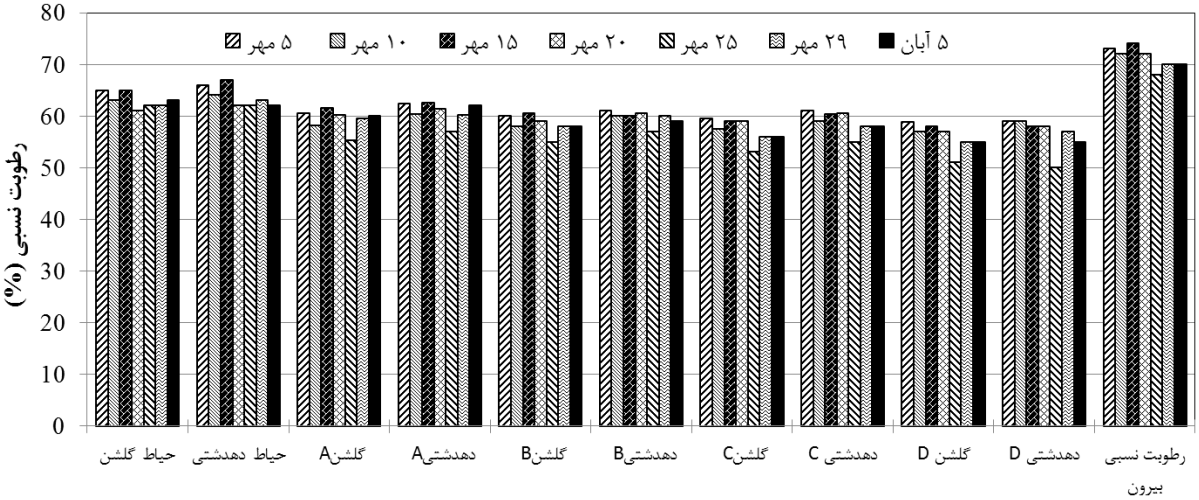


تصویر۹- مقایسه‌ی سرعت جریان باد اندازه‌گیری شده در عمارت‌های دهدشتی و گلشن در روزهای آزمون، ۱۳۹۵.

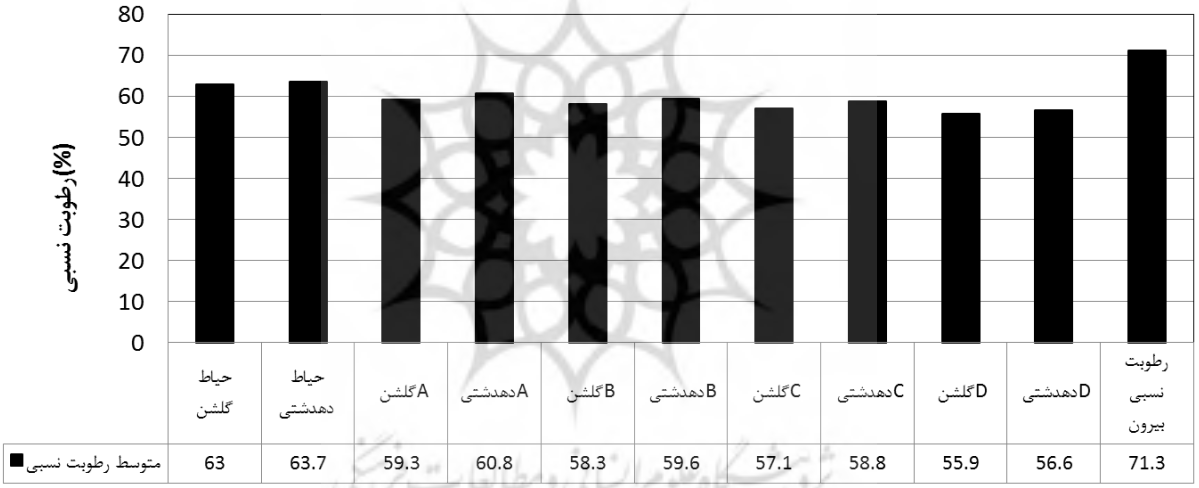
	حیاط گلشن	حیاط دهدشتی	گلشن A	دهدشتی A	گلشن B	دهدشتی B	گلشن C	دهدشتی C	گلشن D	دهدشتی D	سرعت جریان باد بیرون
متوسط سرعت باد	1.2	1.1	0.5	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.6	0.5	1.7

تصویر۱۰- مقایسه‌ی متوسط سرعت جریان باد اندازه‌گیری شده در عمارت‌های دهدشتی و گلشن در روزهای آزمون، ۱۳۹۵.

هوا و کاهش رطوبت نسبی فضای داخل می‌شود. همچنین کوران هوا، رطوبت دیوارهای دو طرف کوچه را نیز جذب کرده و با خشک شدن این دیوارها ،به دلیل استفاده از مصالح ساختمانی بومی یعنی سنگ‌های متخلخل دریایی، رطوبت فضای داخلی نیز جذب می‌شود. همچنین با ایجاد کوران در معابر، قسمتی از رطوبت فضای داخلی از طریق دیوار به بیرون هدایت می‌شود.



تصویر۱۱- مقایسه‌ی رطوبت نسبی اندازه‌گیری شده در عمارت‌های دهدشتی و گلشن در روزهای آزمون، ۱۳۹۵.



تصویر۱۲- مقایسه‌ی متوسط رطوبت نسبی اندازه‌گیری شده در عمارت‌های دهدشتی و گلشن در روزهای آزمون، ۱۳۹۵.

نتیجه

با بررسی دما، رطوبت نسبی و سرعت جریان باد در خانه‌های سنتی گلشن و دهدشتی بوشهر در مهر و آبان ماه، این نتیجه به دست آمد که در خانه‌های سنتی، از روش‌های غیرفعال خورشیدی و تهویه طبیعی جهت ایجاد آسایش حرارتی استفاده شده است. متوسط دما در اتاق‌های دو عمارت گلشن و دهدشتی، ۶ درصد کمتر از دمای محیط بیرون است. همچنین میزان رطوبت نسبی در اتاق‌های دو عمارت گلشن و دهدشتی، حدود ۱۸ درصد کمتر از محیط بیرون می‌باشد و سرعت جریان باد در اتاق‌های دو خانه مناسب است که جهت آسایش محیط داخلی ضروری است. باید توجه نمود اختلاف‌های نوشته شده در میزان دما، رطوبت نسبی و سرعت باد، تنها مربوط به ماه مهر و آبان است و نگارندگان نمی‌توانند ادعا کنند که در تمام سال، این اختلاف به همین ترتیب خواهد بود. ملاحظه می‌شود که می‌توان از راهکارهای غیرفعال در ساختمان‌های سنتی بوشهر در ساختمان‌سازی مدرن به شرح زیر استفاده نمود:

۱. با توجه به فشره‌بودن بافت و کوچه‌های تنگ و باریک، اکثراً این کوچه‌ها در سایه می‌باشند که باعث کاهش دما می‌گردد. همچنین باریک‌بودن کوچه‌ها و بلندبودن ارتفاع ساختمان‌ها، باعث تقویت جریان باد می‌گردد که با توجه به قرارگیری پنجره‌ها در بدنه بیرونی باعث هدایت جریان باد به داخل خانه‌ها می‌شود. مسیرهای دسترسی بافت سنتی بوشهر و نوع ارگانیک بودن آنها باعث فشار هوای متفاوت در محیط می‌شوند تا کوران هوا تسهیل شود.

۲. در بدنه‌های خارجی از رنگ‌های روشن استفاده گردیده

که برای اقلیم گرم و مرطوب بوشهر بسیار مناسب است.

۳. وجود حیاط مرکزی در قلب بنا به گونه‌ای است که باعث استفاده بهتر از کوران هوا شده و امکان یک لایه بودن فضاهای بنا را امکان‌پذیر کرده است. همچنین حیاط مرکزی باعث ایجاد سایه‌اندازی بر روی دیوارها شده که به کاهش دمای محیط کمک می‌کند. سرعت جریان باد و کم بودن دمای حیاط مرکزی نسبت به دمای بیرون نشان‌دهنده میکرو اقلیم بودن حیاط مرکزی در اقلیم گرم و مرطوب بوشهر است.

۴. استفاده از فضای نیمه باز در اطراف اتاق‌ها و استفاده از فضای طارمه باعث گردیده که سایه بیشتری ایجاد گردد که به کاهش دمای اتاق کمک کند.

۵. استفاده از سایبان‌های افقی و عمودی باعث ایجاد سایه‌شده که در کاهش دمای محیط بسیار تاثیرگذار است.

۶. استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی کم مانند چوب، در ساخت سایبان و سقف برای اقلیم گرم و مرطوب بسیار مناسب است.

۷. در دیوارهای بیرونی و داخلی، از سنگ بومی مرجانی استفاده گردیده که متخلخل می‌باشد که عایق مناسبی برای مقابله با حرارت می‌باشد. همچنین دیوارها را ضخیم گرفته‌اند تا مانع انتقال حرارت گردد.

۸. برون‌گرایی و دارا بودن کمترین بدنه‌های مشترک در همسایگی‌ها با هدف بیشترین استفاده از جریان هوا، شبکه‌های نامنظم از کوچه‌های متقاطع که از میادین کوچک بافت عبور کرده و به دریا ختم می‌شود، و گردش باد دور ساختمان، از ویژگی‌های مهم بافت سنتی بوشهر است.

۹. قرارگیری پنجره‌های اتاق‌ها رو به روی یکدیگر و برون‌گرایی ساختمان‌ها باعث گردیده که جریان باد بیشتری وارد فضای داخل گردد و سبب گردش هوا و کاهش رطوبت نسبی فضای داخل شود. اتاق‌ها از یک سو به حیاط مرکزی و از سوی دیگر به کوچه یا فضای باز دید دارند و دارای بازشوهایی در هر دو جبهه هستند تا امکان بهره‌مندی کامل از کوران هوا را داشته باشند.

۱۰. قرارگیری ساختمان گلشن در خط ساحلی و حذف یک سمت از طبقه سوم باعث گردیده که جریان باد بیشتری از دریا وارد حیاط مرکزی شود و از حیاط وارد اتاق‌های اطراف گردد.

۱۱. کوران هوا، رطوبت دیوارهای دو طرف کوچه را نیز جذب می‌کند. با خشک شدن این دیوارها به دلیل استفاده از مصالح ساختمانی بومی یعنی سنگ‌های متخلخل دریایی، رطوبت فضای داخلی نیز جذب می‌شود. در واقع با ایجاد کوران در معابر، قسمتی از رطوبت فضای داخلی از طریق دیوار به بیرون هدایت می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1 Lutron.
2 Hot Wire.

فهرست منابع

رنجبر، ا؛ پورجعفر، م و خلیجی، ک (۱۳۸۹)، خلاقیت های طراحی اقلیمی متناسب با جریان باد در بافت قدیم بوشهر، *باغ نظر*، ۱۳، صص ۱۷–۳۴.

کریمی، ب (۱۳۹۱)، تاثیر معماری قدیم بوشهر بر فرهنگ و معماری کشورهای حاشیه خلیج فارس (مطالعه موردی محله البستکیه شهر دبی)، هویت شهر، ۱۱، صص ۸۵–۹۶.

نیکقدم، ن (۱۳۹۵)، تاثیر باد و آفتاب در تعدیل شرایط گرمایی خانه‌های یوشهر نمونه موردی: خانه گلشن، *نشریه علمی - پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۲، صص ۲۹–۴۶.

هدایت، ا و طبائیان، م (۱۳۹۱)، بررسی عناصر شکل دهنده و دلایل وجودی ان ها در خانه های سنتی تاریخی بوشهر، *نشریه شهر و معماری بومی*، ۳، صص ۳۵–۵۴.

Al-Hinai, H; Batty, W. J & Probert, S. D (1993), Vernacular architecture of Oman: Features that enhance thermal comfort achieved within buildings, *Applied Energy*, 44(3), pp.233–258. http://doi.org/10.1016/0306-2619(93)90019-L.

Borong, L; Gang, T; Peng, W; Ling, S; Yingxin, Z & Guangkui, Z (2004), Study on the thermal performance of the Chinese traditional vernacular dwellings in Summer, *Energy and Buildings*, 36(1), pp.73–79. http://doi.org/10.1016/S0378-7788(03)00090-2.

Bravo, G & González, E (2013), Thermal comfort in naturally ventilated spaces and under indirect evaporative passive cooling conditions in hot–humid climate, *Energy and Buildings*, 63, pp.79–86. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.007.

Cândido, C; de Dear, R. J; Lamberts, R & Bittencourt, L (2010), Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone, *Building and Environment*, 45(1), pp.222–229. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.005.

Cheng, V; Ng, E & Givoni, B (2005), Effect of envelope colour and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate, *Solar Energy*, 78(4), pp.528–534. http://doi.org/10.1016/j.solener.2004.05.005.

Dili, A. S; Naseer, M. A & Varghese, T. Z (2010), Thermal comfort study of Kerala traditional residential buildings based on questionnaire survey among occupants of traditional and modern buildings, *Energy and Buildings*, 42(11), pp. 2139–2150. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.07.004.

Foruzanmehr, A (2012), Summer-time thermal comfort in vernacular earth dwellings in Yazd, Iran, *International Journal of Sustainable Design*, 2(1), p.46. http://doi.org/10.1504/IJSDES.2012.051479.

Gustavsson, L; Joelsson, A & Sathre, R (2010), Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-storey wood-framed apartment building. *Energy and Buildings*, 42(2), pp.230–242. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.018.

Gustavsson, L & Sathre, R (2006), Variability in energy and carbon dioxide balances of wood and concrete building materials, *Building and Environment*, 41(7), pp.940–951. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.04.008.

Labaki, L. C & Kowaltowski, D. C. C. K (1998), Bioclimatic

doi.org/10.1007/s40030-013-0033-z.

Singh, M. K; Mahapatra, S & Atreya, S. K (2009), Bioclimatism and vernacular architecture of north- east India, *Building and Environment*, 44(5), pp.878–888. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.06.008.

Singh, M. K; Mahapatra, S & Atreya, S. K (2010), Thermal performance study and evaluation of comfort temperatures in vernacular buildings of North-East India, *Building and Environment*, 45(2), pp. 320–329. http://doi.org/10.1016/j .buildenv.2009.06.009

Shahin, A & Takapoomanesh, S (2006), Understanding patterns of sustainable architecture in residential buildings of the historic fabric of Bushehr, *Architecture and Building*, 10, 130-135.

Toe, D. H. C & Kubota, T (2015), Comparative assessment of vernacular passive cooling techniques for improving indoor thermal comfort of modern terraced houses in hot–humid climate of Malaysia, *Solar Energy*, 114, pp.229–258, http://doi.org/10.1016/j.solener.2015.01.035.

Tzikopoulos, A. F; Karatza, M. C & Paravantis, J. A (2005), Modeling energy efficiency of bioclimatic buildings, *Energy and Buildings*, 37(5), pp.529–544. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.09.002.

Wang, L.J; Liu, J.P; Liu, Y.F; Wang, Y.Y & Chen, J (2011), Study on thermal environment of traditional architecture in tropic climate. *Advanced Materials Research*, 243-249, pp.6857–6861. http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.243-249.6857.

Zain, Z. M; Taib, M. N & Baki, S. M. S (2007), Hot and humid climate: prospect for thermal comfort in residential building. *Desalination*, 209(1-3), pp.261–268. http://doi.org/10.1016/j.desal.2007.04.036.

Zhang, Y; Wang, J; Chen, H; Zhang, J & Meng, Q (2010), Thermal comfort in naturally ventilated buildings in hot-humid area of China, *Building and Environment*, 45(11), pp.2562–2570. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.05.024.

and vernacular design in urban settlements of Brazil. *Building and Environment*, 33(1), pp.63 –77. http://doi.org/10.1016/S0360-1323(97)00024-3.

Nematchoua, M. K, Tchinda, R & Orosa, J. a (2014), Thermal comfort and energy consumption in modern versus traditional buildings in Cameroon: A questionnaire-based statistical study, *Applied Energy*, 114, pp.687–699. http://doi.org/10 .1016/j.apenergy.2013.10.036.

Peng, C (2010), Survey of thermal comfort in residential buildings under natural conditions in hot humid and cold wet seasons in Nanjing, *Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China*, 4(4), pp. 503–511. http://doi.org/10.1007/s11709-010-0095-1.

Ramli, N. H (2012), Re-adaptation of Malay House Thermal Comfort Design Elements into Modern Building Elements – Case Study of Selangor Traditional Malay House & Low Energy Building in Malaysia, *Iranica Journal of Energy & Environment*, 3, pp.19–23. http://doi.org/10.5829/idosi.ijee.2012.03.05.04.

Rupp, R. F & Ghisi, E (2014), What is the most adequate method to assess thermal comfort in hybrid commercial buildings located in hot-humid summer climate? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, pp.449–462. http://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.102.

Ryu, Y; Kim, S & Lee, D (2009), The influence of wind flows on thermal comfort in the Daechung of a traditional Korean house, *Building and Environment*, 44(1), pp.18–26. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.01.007.

Saadatian, O; Haw, L. C; Sopian, K & Sulaiman, M. Y (2012), Review of windcatcher technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3), pp.1477–1495. http://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.037.

Sarkar, A (2013), Study of climate responsive passive design features in traditional hill architecture of Khyah village in Hamirpur, Himachal Pradesh, India for indoor thermal comfort, *Journal of The Institution of Engineers* (India): Series A, 94(1), pp.59–72. http://

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Evaluation of Temperature, Relative Humidity and Wind Speed of Traditional Houses of Bushehr in Warm Season

(Case Study: Golshan and Dehdashti Houses)

Jalil Shaeri**[1], Mahmood Yaghoubi[2], Mohammad Aliabadi[3], Roza Vakilinazhad[4]

[1] M.A. Student of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

[2] Professor, School of Mechanical Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran.

[3]Assistant Professor, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

[4] Assistant Professor, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

(Received 10 Mar 2017, Accepted 17 Jan 2018)

Today, considerable amount of energy is spent for heating and cooling indoor environments to provide thermal comfort for the building's residents. Availability of modern heating and cooling systems caused to pay no attention to non-active solutions in the modern architecture .Greenhouse gas emissions and global warming in recent years and high energy consumption in the residential sector caused more attention to be paid on climatic strategies and more effort is made to use such strategies in local and traditional architecture in modern buildings. Building and climatic strategies used in local and traditional buildings for so many years based on trial and error and these experiences are going to be forgotten. The most traditional buildings in hot and dry climates have been comfortable for residences passively compared to modern buildings and consumed less energy for air conditioning. Located in southern part of Iran, Bushehr with hot and humid climate has a spectacular vernacular architecture. It has many creative architectural aspects applied in order to reduce high air temperature and humidity. These features use two main strategies to moderate the harsh weather condition: shading and natural ventilation. This article aims to identify the effects of thermal passive strategies and features used in vernacular architecture of Bushehr through experimental study. As so in the first step, thermally passive features and elements were described. Second two case studies were selected for experimental data study, one in the coastal area and another inside the city context. The main climate variables including air temperature, relative humidity and wind speed were recorded in a week from 27th September to 27th October. The sensor data loggers were installed in different spaces in the case studied buildings. Based on the results the average indoor air temperature in case studies is 6% less compared to outdoor temperature. While relative humidity is about 18% less than outdoor relative humidity, indoor wind velocity is in thermal comfort zone. The results show that the main passive features used to provide indoor thermal comfort are natural ventilation and shading and the techniques are as follow: a) Catching desired wind flow from sea. b) Use of light color on exterior building envelops. c) Application of materials with low thermal capacity, such as wood in ceiling, windows and shading devices. d) Application of porous local materials (coral stone and gypsum) to prevent humidity absorption in building envelops. e) Design of deep veranda, and shading elements and semi-open spaces called "Tarmeh" to make cool shading spaces. f) Use of central courtyard to make microclimates with lower air temperature and humidity. g) Room arrangement around a central courtyard to provide natural cross ventilation transferring wind flow from alleys to rooms. h) Considerably high height to width ratio of alleys helping to increase wind flow speed and shade building exterior walls. The lessons learned from Bushehr vernacular architecture can be used to define guidelines for new building design in hot and humid climate which leads to reduction in energy consumption and sustainable architecture.

Keywords: Thermal Comfort, Vernacular Architecture, Gloshan House, Dehdashti House, Hot and humid Climate, Bushehr.

*This article is extracted from first author`s M.A. thesis entitled: "Design of municipal building of Bushehr with emphasis on natural ventilation to reduce energy consumption" under supervision of other authors.

**Corresponding Author: Tel: (+98-937)3056253, Fax: (+98-71)36242800, E-mail: jalil.shaeri@shirazu.ac.ir.