

## راهبردهای معماری بومی در آب و هوای گرم و خشک شهر بیرجند

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۴

کد مقاله: ۹۶۱۴۵

حسین راعی فرد<sup>۱\*</sup>، حسینه هروی<sup>۲</sup>

### چکیده

ایران کشوری با سابقه قدرتمند در استفاده از راه حل های بومی برای حفظ یک محیط داخلی قابل قبول مانند تحت کنترل درآوردن تهویه طبیعی، بهینه سازی جهت گیری ساختمان با استفاده از مصالح بومی و جرم حرارتی بالا است. هر نگاهی اجمالی به معماری مناطق مختلف ایران، حکایت از شناخت دقیق معماران سنتی از خصوصیات محیطی و اقلیمی این سرزمین و بکارگیری هوشمندانه عوامل طبیعی جهت تامین شرایط آسایش و مقابله با ناهنجاری های اقلیمی دارد. با وجود این تاریخچه موفق، معماری ایرانی از مصرف زیاد و ساخت و ساز ناکارآمد رنج می برد و با توجه به شرایط خاص آب و هوایی و گرم شدن هوا، بررسی اقلیم های گرم و خشک و بیابانی و استفاده از راه حل های معماری در آنها به طراحی بناهای امروز و صرفه جویی در مصرف انرژی کمک شایانی می کند. شهر بیرجند در اقلیم گرم و خشک و نیمه بیابانی قرار دارد و با توجه به پیشینه تاریخی که در اسکان مردم داشته توانسته راه حل های مفیدی برای سکنی گزیدن در مناطق بیابانی و روش های معماری برای رسیدن به محدوده آسایش بیابد. با توجه به رویکردی کاملاً نظری و تئوری و گردآوری داده ها با مطالعات کتابخانه ای و اسنادی و تجزیه و تحلیل کیفی به واکاوی راهبردهای معماری بومی در شهر بیرجند پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: معماری بومی، اقلیم گرم و خشک، انرژی، بیرجند

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند (نویسنده مسئول) [hosseinraeeps@gmail.com](mailto:hosseinraeeps@gmail.com)

۲- عضو هیئت علمی گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند

## ۱- مقدمه

معماری ایران دارای ویژگی‌هایی است که در مقایسه با معماری دیگر کشورهای جهان از ارزشی ویژه برخوردار است: ویژگی‌هایی چون طراحی مناسب، محاسبات دقیق، فرم درست پوشش، رعایت مسائل فنی و علمی در ساختمان، ایوان‌های رفیع، ستون‌های بلند و بالاخره تزئینات گوناگون که هر یک در عین سادگی معرف شکوه معماری ایران است. یکی از قویترین نمادهای فرهنگی و هویتی کشور ایران، معماری آن می‌باشد که از نشانه‌های اصلی فرهنگ و تمدن است. علیرغم وجود پیشینه پر بار در زمینه معماری در سال‌های اخیر ساخت و سازهای از هم گسیخته و فاقد ارزشی در شهرهای مختلف کشور به چشم می‌خورد؛ بناهایی که جدا از بی‌هویتی کمتر نشانی از معماری بومی و اصیل ایرانی در آن‌ها دیده می‌شود. (فروزنده و مطلبی، ۹۳) معماری سنتی ایران دارای ویژگی‌های منحصر به فردی بوده که ضمن توجه به محیط زیست پاسخگوی نیازهای اقلیمی هر منطقه نیز می‌باشد که متاثر از شرایط آب و هوایی و جغرافیایی منطقه بوده است. آنچه که در بافت‌های قدیمی مشاهده می‌کنیم، منطبق بودن با اقلیم و در نتیجه استفاده از مصالح مطلوب آن محیط در نیارش و ساخت بنا می‌باشد؛ بنابر این می‌توان با شناخت و بررسی راهبردهای معماری بومی و ویژگی‌ها متناسب و همساز با اقلیم هر منطقه در بهبود معماری بناهای امروزی بهره برد و شرایط طبیعی و اقلیمی مبدل به یکی از مهمترین تدابیر در معماری شده و معماران ملزم به رعایت اصول طراحی متناسب می‌گردند. از این رو در مقاله فوق به بررسی ویژگی‌های معماری سنتی و بومی ایران پرداخته ایم و معماری اقلیم گرم و خشک خراسان جنوبی را در جهت بیان این ویژگی مطرح کرده ایم و از آنجا که منطقه خراسان جنوبی دارای اقلیم گرم و خشک است، معماری در گذشته متاثر از این خصایص بوده که امروز بدون توجه به نکات اقلیمی بناهای مدرن با قابلیت‌های محدود محیطی شکل گرفته است.

## ۲- معماری بومی

از آب و هوا به عنوان نقطه شروع طراحی ساختمان بومی استفاده شده و منجر به این گردیده که نه تنها فرم‌ها و روش‌های ساختمانی مورد توجه معماران قرار گیرد، بلکه همچنین فضیلت فرهنگی را نیز ایجاد کرده است. طی قرن‌ها، تکامل آزمون و خطا توانست راه حل‌های طراحی "بومی" را تولید کند، که از نظر آب و هوایی مناسب، از نظر فرهنگی مرتبط و از نظر زیبایی شناسی خوشایند هستند. (Emmanuel, 2012) در حقیقت، زمانی که هیچ سیستم مکانیکی اختراع نشده بود، نیاکان ما قادر به کنترل آب و هوا محیط در ساختمان‌هایی بودند که طراحی کرده بودند. معماری بومی یک سبک معماری است که مبتنی بر روابط متقابل بین عوامل اکولوژی، اقتصادی، مادی، سیاسی و اجتماعی است. (Asquith and Vellinga, 2006) و یک راه حل خوب برای محدودیت‌های آب و هوایی ارائه می‌دهد. تاریخ نشان می‌دهد که تکنیک‌ها و مصالح بومی توسط فرهنگ محلی، آب و هوا و موقعیت جغرافیایی شکل گرفته است. انتخاب این تکنیک‌ها و مصالح برای چنین ساختمانی، معمولاً به مصالح و همچنین دسترسی بودن مصالح ساختمانی محلی و نیروی کار ماهر و مطلوب بستگی دارد. (Alrashed et al, 2017)

### ۲-۱- معماری بومی در ایران

ایران یکی از کشورهایی است که دارای تاریخچه قدرتمندی در معماری بومی و موجودیت‌های پایدار است. معماری بومی ایران با توسعه معماری‌های مختلف در مناطق مختلف کشور با موفقیت توانست هنر سازگاری با زمینه را به تصویر بکشد. علی‌رغم ظاهر متفاوتشان این معماری‌ها از یک منطق فکری پیروی می‌کنند: سازگاری با زمین. (Sahebzadeh et al, 2017) ایران دارای چهار منطقه اصلی آب و هوایی از گرم و خشک تا منطقه مرطوب و بارانی است و معماری بومی ایران به شرایط آسایش آب و هوایی قابل قبولی در فضاهای داخلی در اقلیم‌های مختلف خارجی با استفاده از استراتژی‌های مکانی هوشمند و سازگار شدن با شرایط طبیعی و اجتماعی و موقعیت‌های خاص دست یافته است. (Soleymanpour et al, 2015)

### ۲-۲- استراتژی‌های معماری پایدار و بومی

با توجه به اهمیت روابط پایداری و بومی، بسیاری از تحقیقات در این زمینه‌ها از در نظر گرفتن تکنیک‌های ساختمانی‌های قدیمی تا راه حل‌های منفعل و فعال مدرن برای کاهش وابستگی ساختمان‌ها به واردات سوخت‌های فسیلی انجام شده است. از طرفی، استراتژی‌های سنتی موجود که توسط معماران ایرانی به منظور ایجاد ساختمان‌های مسئول محیط زیست در مناطق مختلف آب و هوایی که توسط (ایرجی و اکبری) و (شهامی پور و فرزانه منش) مطرح شده است. آنها نشان دادند که طراحی کهن ایرانی بر اساس منطقه و شرایط آب و هوایی محلی آن چگونه است. (Maleki, 2011) ویژگی معماری ایرانی و سازگاری زیاد آنها با عوامل اقلیمی و نقش بسیار زیاد مصالح ساختمانی محلی در این نوع معماری را مطالعه کردند. در همین راستا، (Cho and Mohammadzadeh, 2013) حیاط‌های سنتی شهر کاشان را برای تجزیه و تحلیل شرایط آسایش حرارتی داخلی و اثربخشی

سیستم های تهویه طبیعی همراه با سایر استراتژی های طراحی بومی از نظر آسایش حرارتی آزمایش کردند. بعنوان یکی دیگر از ویژگی های معروف شناخته شده، خنک کننده کاهش دهنده (بادگیر) به عنوان یک انرژی کارآمد و مقرون به صرفه، جایگزین تهویه مطبوع معمولی برای ساختمان های جدید و موجود توسط (Ford et al, 2010) در کتاب مرجع طراحی خود در نظر گرفته است. ادعا می شود که سرمایه گذاری تبخیری فعال می تواند ۲۵-۸۵ درصد از بار سرمایه گذاری در ساختمان های غیر بومی (معادل ۱۵-۶۰ کیلووات/مگا پاسگال) را تأمین کند. گونه شناسی بادگیرها نیز از طریق تجزیه و تحلیل فیزیکی؛ الگوها و مفاهیم مشترک که توسط آنها گنجانده شده است مورد بررسی قرار می گیرد. (Zarandi, 2009)

از طرف دیگر، استراتژی های غیرفعال برای بهبود استفاده از انرژی ساختمان توسط بسیاری از منابع در نظر گرفته شده است. اثرات جرم حرارتی و تغییر وضع مصالح بر بارهای سرمایه گذاری و گرمایش ساختمان و حداکثر بارها توسط (Sadineni et al, 2011) بحث شده است. آنها نتیجه گرفتند که به عنوان یک روش ذخیره انرژی؛ استفاده از جرم حرارتی در مکان هایی که اختلاف دمای هوای محیط بین شب و روز زیاد بوده، موثرتر است. (Okba, 2005) برای آماده کردن معماران، لیستی از روش های طراحی پوشش را با اصول و استراتژی های طراحی پوشش به عنوان یک روش سرمایه گذاری غیر فعال ایجاد کرده بود (Alaidroos and Krarti, 2016) که روش سرمایه گذاری غیر فعال را از جمله تهویه طبیعی، سرمایه گذاری تبخیری و زمین سرمایه گذاری برای ارزیابی اثربخشی آنها در کاهش بارهای سرمایه گذاری و استفاده از انرژی تهویه مطبوع برای ساختمانهای مسکونی در کشور عربستان سعودی ارزیابی کرده اند. (Kharrufa and Adil, 2012) تحت عنوان روش های غیرفعال، که بارهای سرمایه گذاری را در آب و هوای خشک فراهم می کند، تعداد زیادی از تکنیک های سنتی را بررسی کردند. (Dabaieh et al, 2015) از یک ماتریس ترکیبی الگوریتمی طراحی شده برای شبیه سازی ۳۷ پوشش جایگزین احتمالی طراحی شکل سقف، مصالح سقف و ساختمان استفاده کرده است. نتیجه این مطالعه ادعا می کند که استفاده از پوشش سقف گنبدی با ضریب بازتاب بالا؛ در اوقات نا ارام ۵۳٪ افت را نشان می دهد و در فصل تابستان ۸۲۶ کیلووات ساعت صرفه جویی می کند.

### ۳- ویژگی های معماری بومی بیرجند



تصویر ۱- پیاده رو (ساباب) در بافت تاریخی بیرجند (نگارنده، ۱۳۹۹)



تصویر ۲- در و پنجره ها رو به حیاط مرکزی (Sahebzadeh, et al, 2017)

**الف- پیاده روها:** پیاده روهای باریک و عمدتاً منحنی توسط دیوارهای خشتی بلند در هر دو طرف محاصره شده اند و به محافظت از مردم در برابر تابش نور خورشید و سرعت دادن نسیم کمک می کند (تصویر ۱) جهت سراسری شرق به غرب پیاده روها و ساباب برای به حداکثر رساندن سایه برای خنک کردن عابران پیاده استفاده می شود. (Tavassoli, 2002) این معابر پوشیده و باریک با دیوارهای بلند اطراف آن، یک راه حل موثر برای مقابله با آب و هوای سخت و کاهش تابش خورشید که توسط نمای ساختمان به دست می آید را فراهم می کند. (Moradi, 2005)

**ب- منفذهای جریان هوا برای از بین بردن گرما و تبادل هوای مانده:** تهویه طبیعی ساختمان با قرارگیری پنجره های باز شونده با موقعیت دقیق منافذ باز شو برای در بر گرفتن سایه و فراهم کردن جریان هوا بواسطه ساختمان، از ویژگی های معماری بومی است. ساختمان های بوم، برای احترام به آب و هوای محلی؛ طراحی و ساخته شده و از آن برای به حداکثر رساندن آسایش داخلی استفاده می شود. استفاده از تهویه فعال به عنوان یک روش سازگار با محیط زیست که در آن می توان ساختمان ها را تهویه کرد، مورد استقبال گسترده مردم قرار گرفته است (Emmitt and Grose, 2010)

در معماری بومی برای جلوگیری از نفوذ آب و هوای نامساعد به فضای داخلی تعداد پنجره هایی که به پیاده روها باز می شوند به حداقل می رسند. برای جلوگیری از ورود گرد و غبار و تابش زیاد خورشید به داخل ساختمان، پنجره ها و روزنه ها معمولاً در سقف یا دیوارهای بلند قرار داده شده است. این دهانه ها به قاب های چوبی تزئینی و شیشه های رنگی آراسته شده اند (تصویر ۲)

که حریم خصوصی را فراهم و از تابش مستقیم نور خورشید جلوگیری می‌کند و علاوه بر تهویه و جریان هوا بین اتاق‌ها را مختل نمی‌کند. (Meamarian, 1999)



تصویر ۳- استفاده از خشت در ساختمان  
(www.pinterest.com)



تصویر ۴- حیاط خانه راعی فرد، بیرجند (نگارنده)

**ج- مصالح:** یکی از مهمترین پارامترهای اثر گذار طراحی، خصوصاً بر آسایش حرارتی داخلی در منطقه گرم، طرح پوششی ساختمان و مواد استفاده شده، به عنوان پوشش جدا کننده است که محیط بیرونی و داخلی را محدود میکند. مصالح عمده مورد استفاده در این مناطق خشت، گل و آجر است که با خاک رس ساخته می‌شود. دلیل عمده استفاده از خاک رس، ظرفیت گرمایی بالای آن است که منجر به به حداقل رساندن نوسانات دما در داخل ساختمان؛ بین شب و روز می‌شود (تصویر ۳) خاک رس مورد استفاده در این نوع مصالح عمدتاً از زمین حفر می‌شود که در مراحل ساخت ساختمان به منظور حفاری فضاهای زیرزمینی است (Pirmia, 2005) این نوع مصالح علاوه بر خاصیت عایق بودن آنها عملکردی به عنوان مخازن گرما دارد؛ در طول روز گرم، جریان گرما از خارج به داخل کاهش یافته و در ساعات خنک تر بخشی خاصی از گرما که در دیوارها حبس شده است به سمت فضاهای داخلی آزاد می‌شود و نتیجه آن به حداقل رساندن تغییر دما در داخل ساختمان است (Alp, 1991).

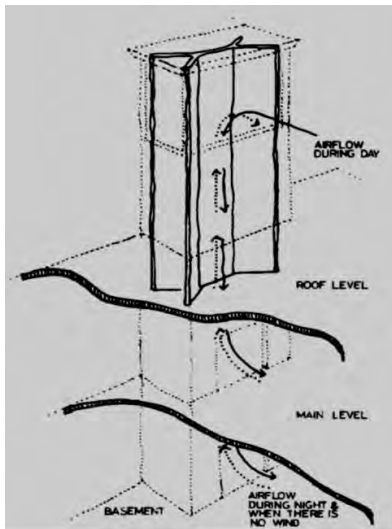
**د- حیاط:** استفاده از حیاط (تصویر ۴) در خانه های مسکونی ایران قدمت بسیاری دارد. حیاط امنیت و حریم خصوصی ساکنان و نور روز برای اتاق‌ها و زیرزمین‌های اطراف را فراهم می‌کند. داشتن حوض در وسط و کاشت درختان برگریز در حیاط، فضای خوشایندی برای ساکنان ایجاد کرده؛ تا بخشی از وقت خود را در ماه‌های تابستان سپری کنند. حیاط علاوه بر ویژگی‌های فوق، مزایای دیگری را نیز در مناطق گرم فراهم می‌کند.

اتاق‌ها (ساخته شده در اطراف حیاط) با دیوارهای بلند خود، اثرات پناهگاه باد را برای یکدیگر فراهم می‌کردند، بنابراین نفوذ بادهای گرم و غبارآلود به اتاق‌ها کاهش می‌یابد. حیاط‌ها با درختان، گل‌ها، بوته‌ها و حوضچه‌ای از آب، محیطی کوچک با چند درجه پایین‌تر از دمای هوا و اندکی رطوبت نسبی بالا ایجاد می‌کنند. علاوه بر این، درختان بلند در حیاط‌ها، روی دیوارها و زمین، از تابش شدید مستقیم افتاب در تابستان، سایه می‌اندازند. تمام این ویژگی‌ها باعث کاهش گرمای ساختمان می‌شوند (Safarzadeh and Bahadori, 2003)

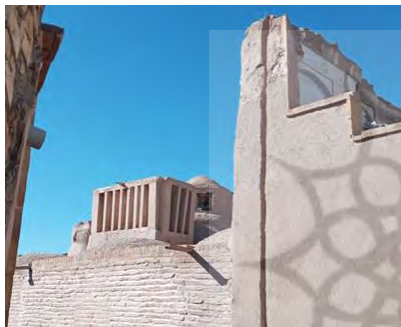
**ه- منطقه تابستانی و منطقه زمستانی:** خانه‌ها در مناطق گرم ایران به دو قسمت تقسیم می‌شوند، منطقه تابستانی و منطقه زمستانی: منطقه تابستانی ساختمان در بیشتر اوقات در سایه قرار دارد. در آن سوی حیاط از منطقه تابستانی، منطقه زمستانی قرار دارد که دسترسی به گرمای نور خورشید در طول زمستان را فراهم می‌کند. خانه‌هایی با حیاط در وسط و دو منطقه دیگر که منطقه تابستانی و منطقه زمستانی را به هم متصل می‌کنند، خانه‌های چهارفصل می‌گویند. با این حال، منطقه تابستانی اهمیت هنر معماری در محافظت از مردم را در برابر شرایط نامساعد آب و هوایی، به بهترین وجه نشان می‌دهد (Keshtkaran, 2011).

**و- سقف‌ها (طاق و گنبد):** در منطقه گرم و خشک ایران، بام‌ها عمدتاً سقف‌های قوسی یا گنبدی شکل هستند بودند. این اشکال به دلیل کمبود بارندگی و الوار ساختمانی پدید آمده‌اند. (تصویر ۳) بنابراین، از مصالح موجود مانند خشت و آجر به منظور پوشش فضاهای خانه‌ها و ایجاد محیط داخلی قابل قبول که تنها به روش ممکن ساخت گنبد و طاق است، استفاده می‌شود. (Pirmia, 2005) برخی از مزایای سقف‌های طاق و گنبدی که توسط معماران ایرانی استفاده می‌شود، به شرح زیر است. (Sahebzadeh et al, 2017)

- دمای پایین سقف در قسمت‌هایی که همیشه سایه دار است
- ایجاد "اثر دودکشی" به دلیل فضای اضافی زیر گنبدها و طاق‌ها
- طاق‌ها و گنبدها به دلیل ضخامت ناشی از ماهیت مصالح شان، بعنوان مانع حرارتی عمل می‌کنند



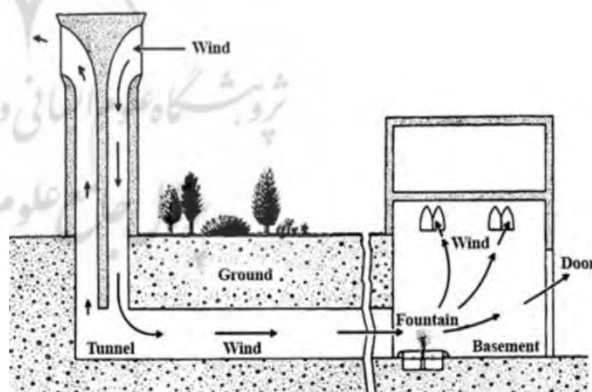
تصویر ۵. یک بادگیر رایج  
(M. N. Bahadori, 2016)



تصویر ۶- نمای بادگیر چهارطرفه حسینییه نواب،  
بیرجند (نگارنده، ۱۳۹۹)



تصویر ۸- بادگیری در شهر بم  
(Bahadori, 2016)



تصویر ۷- برش عمودی بادگیری در بم  
(Bahadori, 2016)

ز- **بادگیر:** یکی دیگر از ویژگی‌های مهم خانه‌های سنتی ایرانی، برج باد است. این برج‌ها؛ بادهای عبوری را می‌گیرند و آنها را به سمت فضای زندگی، کف و زیر زمین هدایت میکنند (تصویر ۵). این برج‌های بادی برای خنک سازی فضاها در صبح و ظهرها تابستان که دمای هوا در قسمت فوق ساختمان پایین تر از دمای هوا در اتاق‌های داخلی است بکار رفته است. علاوه بر این، آنها یک تهویه موثر برای تازه سازی هوا فراهم می‌کنند و بوی نامطلوب ناشی را از پخت و پز به خصوص در طبقه زیر را از بین می‌برد (Nisrine, 2007). یک طرف برج از پشت بام بلند می‌شود در حالی که طرف دیگر به زیرزمین یا پایین ترین فضاها منتهی می‌شود. قسمت بالایی سقف بادگیر است که به چندین گذرگاه عمودی هوا تقسیم شده است که به دهانه‌های بالا ختم می‌شود. طرح‌های محلی تغییرات در ارتفاع، تقسیم گذرگاه هوا، موقعیت و تعداد دهانه‌ها، قرارگیری برج در ارتباط با ساختمان و در اخر مصالح را به نمایش می‌گذارند (Alp, 1991).

ویژگی‌های آب و هوایی شهرها عمدتاً بر ظاهر و طراحی بادگیر تأثیر می‌گذارد. (تصویر ۶) بادگیرهای تک کانال (یک طرفه) معمولاً در مناطقی که فقط باد مطلوب وجود دارد، در یک جهت خاص کار می‌کنند؛ در حالی که از بادگیرهای سه یا چهار طرفه در مناطقی که باد در چند جهت می‌وزد استفاده می‌شود. (Bahadori, 2016) (تصویر ۷) نشان می‌دهد که یک بادگیر در شهر بم با استفاده از تونلی زیرزمینی که از حیاط عبور می‌کند و فضای داخلی را که به دلیل آبیاری گل و گیاه و نفوذ آب به معبر همیشه مرطوب است خنک می‌کند. هوای عبوری از این تونل‌های مرطوب زیرزمینی، به دلیل فرآیند سرمایش تبخیری، سردتر شده و سپس وارد ساختمان می‌شود (Bahadori, 2016).

#### ۴- نتیجه‌گیری

در مناطق گرم و خشک می‌توان با دقت در انتخاب مصالح، ضخامت دیوارها، طراحی نماها، طراحی جایگیری فضاهای گوناگون مسکن نسبت به جهت تابش آفتاب، توجه به بادهای مطلوب در منطقه و طراحی المان‌هایی که هدایتگر این انرژی‌ها به فضاهای داخلی باشند، با طراحی معماری اقلیمی عملاً می‌توان به اهداف زیست محیطی دست یافت. استفاده از سیستم‌های غیر فعال برای ایجاد محیطی برای زندگی می‌باشد و با توجه به گرم شدن کلی هوا و گرانی سوخت‌های فسیلی، معماری بومی مناطق

گرم و خشک می تواند راهی برای ایده پردازی در طراحی امروز باشد. با پیشرفت تکنولوژی و با وجود پتانسیل های بسیار خوب در این مناطق یک طراحی هوشمندانه، می تواند نیاز به سیستم های فعال را به صفر برساند که برای دستیابی به این امکان بهره گیری از انرژی خورشید و تابش آن که در مناطق بیابانی و صحرا به حداکثر می رسد.

## منابع

۱. فروزنده، علی و مطلبی، قاسم (۱۳۹۰). مفهوم حس تعلق به مکان و عوامل تشکیل دهنده آن. هویت شهر، ش ۲۷، ۸: ۳۷
2. Alaidroos, A., & Krarti, M. (2016). Evaluation of Passive Cooling Systems for Residential Buildings in the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of Solar Energy Engineering*, 138(3), 031011
3. Alp, A. V. (1991). Vernacular climate control in desert architecture. *Energy and Buildings*, 16(3-4), 809-815.
4. Alrashed, F., Asif, M., & Burek, S. (2017). The Role of Vernacular Construction Techniques and Materials for Developing Zero-Energy Homes in Various Desert Climates. *Buildings*, 7(1), 17.
5. Bahadori, M. N., Anij, A. D. A. S., & Sayigh, A. (2016). *Wind Towers*. Springer International Pu.
6. Cho, S., & Mohammadzadeh, N. (2013). Thermal comfort analysis of a traditional Iranian courtyard for the design of sustainable residential buildings. In *Proceedings of 13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Chambéry, France.
7. Dabaieh, M., Wanas, O., Hegazy, M. A., & Johansson, E. (2015). Reducing cooling demands in a hot dry climate: A simulation study for non-insulated passive cool roof thermal performance in residential buildings. *Energy and Buildings*, 89, 142-152.
8. Emmanuel, R. (2012). *An urban approach to climate sensitive design: strategies for the tropics*. Taylor & Francis.
9. Emmitt, S., & Gorse, C. (2010). *Barry's advanced construction of buildings*. John Wiley & Sons.
10. Ford, B., Schiano-Phan, R., & Francis, E. (2010). *The architecture and engineering of downdraught cooling: a design source book*. PHDC press.
11. Keshtkaran, P. (2011). Harmonization between climate and architecture in vernacular heritage: A case study in Yazd, Iran. *Procedia Engineering*, 21, 428-438.
12. Kharrufa, S. N., & Adil, Y. (2012). Upgrading the building envelope to reduce cooling loads. *Energy and Buildings*, 55, 389-396.
13. Maleki, B. A. (2011). Traditional sustainable solutions in Iranian desert architecture to solve the energy problem. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE)*, 6, 84-91.
14. Memarian, G. H. (2006). *Introduction of Iranian residential architecture (introverted typology)*. University of Science and Technology, Tehran.
15. Mohammed bin Rashid Space Center, Retrieved 01/20/2018, from: <https://mbrsc.ae/en/page/the-first-autonomous-house-in-uae>
16. Moradi, S. (2005). *Environmental control system*. Ashiyan: Tehran, Iran.
17. Okba, E. M. (2005, May). Building envelope design as a passive cooling technique. In *Proceedings from the (Vol. 490)*.
18. Pirnia, M. K. (2005). *Introduction to Islamic Architecture in Iran*. Tehran: Soroosh Danesh.
19. Sadineni, S. B., Madala, S., & Boehm, R. F. (2011). Passive building energy savings: A review of building envelope components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3617-3631.
20. Sahebzadeh, S., Heidari, A., Kamelnia, H., & Baghbani, A. (2017). Sustainability Features of Iran's Vernacular Architecture: A Comparative Study between the Architecture of Hot-Arid and Hot-Arid-Windy Regions. *Sustainability*, 9(5), 749.
21. Tavassoli, M. (2002). *Urban structure and architecture in the hot arid zone of Iran*. Payam and Pivand-e-no Publications.
22. Zarandi, M. M. (2009). Analysis on Iranian wind catcher and its effect on natural ventilation as a solution towards sustainable architecture (Case Study: Yazd). *Eng Technol*, 54, 574-579