e of SID

نقش خارخانه در تعدیل دمایی فضای زیست در مسکن روستایی مؤثر در ارتقاء پایداری معماری

(مطالعه موردی: مسکن روستایی سیستان)

ابوالفضل حیدری[1] و جمشید داوطلب[2]

تاریخ دریافت: 1398/05/03
تاریخ پذیرش: 1398/11/13

چکیده: یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر محیطی بر آسایش، دماست. منطقه سیستان در شرق ایران که در اقلیم گرم‌وخشک واقع بوده و اقلیم آن طی دو دهه گذشته به دلیل خشک‌سالی طاقت‌فرسا شده است، نیاز ضروری به تعدیل دما دارد. در گذشته یکی از مناسب‌ترین راهکارهای به کار گرفته شده در معماری بومی این منطقه جهت تعدیل دما، "خارخانه" بوده است. در مورد اثر کیفی خارخانه در فضای زیست تا حدودی مطالعاتی انجام شده؛ اما تاکنون میزان اثر خارخانه بر شرایط دمایی فضای داخل به طور کمی مورد سنجش قرار نگرفته است. این مقاله در راستای اهداف معماری پایدار و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، به نقش دمایی خارخانه به عنوان یکی از مصادیق پایداری در معماری بومی سیستان بر فضای داخل مسکن پرداخته است. روش تحقیق مقاله به این صورت است که در یکی از مصادیق مسکن بومی سیستان، سه مکان اندازه‌گیری فضای باز بیرون، اتاق دارای خارخانه و اتاق بدون خارخانه در نظر گرفته شد و در روزهای گرم سال طی ساعات مختلف، دمای هوا اندازه‌گیری شد. نتایج تحقیق نشان داد که به طور میانگین و در کل شبانه‌روز دمای هوای اتاق بدون خارخانه تنها 0.58 درجه سانتی‌گراد از دمای بیرون پایین‌تر است؛ در صورتی که دمای اتاق دارای خارخانه 7.69 درجه سانتی‌گراد خنک‌تر از دمای هوای بیرون است. این میزان تعدیل دما بسیار قابل توجه بوده و با توجه به اینکه برای کاهش هر درجه افزایش دما، 10-5 درصد انرژی الکتریکی لازم است، لذا این مقدار کاهش دما صرفه‌جویی زیاد مصرف انرژی را در پی دارد و گامی مهم در راستای معماری پایدار محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: پایداری، تعدیل دما، مسکن روستایی، خارخانه، سیستان.

[1] **استادیار**، معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه زابل، زابل، ایران. (نویسنده مسئول)، abolfazlheidari@uoz.ac.ir
[2] **استادیار**، معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

1– مقدمه

امروزه در مبحث معماری پایدار، توجه به مسایل اقلیمی، زیست‌محیطی و معماری سبز در کنار معماری بومی، از مهمترین مباحث مطرح در سطح داخلی و بین‌المللی است. آسایش محیطی طبق تعاریف، احساس رضایت و راحتی حاصل از هماهنگی جنبه‌های فیزیولوژیکی، روان-شناختی و کالبدی انسان و محیط اطرافش است (Slater, 1985) که طیف وسیعی از شرایط آسایش حرارتی، صوتی، بصری، بویایی و کیفیت هوا تا زیبایی را شامل می‌گردد (Bradshaw, 1993). از مهم‌ترین عوامل مؤثر محیطی بر آسایش که در پژوهش‌های مختلف به آن اشاره شده است حرارت (دما) است (Sakurai et al., 1990; Filippi et al., 1997; Oral et al., 2004; Akbulut et al., 2006; Frontczak and Wargocki, 2011).

لزوم تنظیم شرایط آسایش حرارتی در محیط زندگی بر هیچ کس پوشیده نیست و توجه به آن و به‌کارگیری راهکارهایی به منظور افزایش کیفی شاخص‌های آسایشی می‌تواند زندگی افراد را در محیط، مطلوب‌تر و در وضعیت سخت اقلیمی تحمل‌پذیرتر کند. متغیرهای اصلی آسایش حرارتی شامل متغیرهای اقلیمی و فردی می-باشند. متغیرهای اقلیمی مؤثر، دمای هوا، جریان هوا، رطوبت نسبی و دمای تابشی هستند (Fanger 1972; Givoni 1976) و متغیرهای فردی شامل نرخ لباس و نرخ فعالیت بوده و بر آسایش حرارتی مؤثرند (Ashrae 2001). از برآیند بررسی مطالعات مختلف در منطقه مورد مطالعه این نتیجه به دست می‌آید که متغیر دمای هوا اثر مهم‌تری بر آسایش حرارتی دارد.

بدیهی است که با افزایش دمای هوا، مصرف انرژی نیز در تعدیل حرارتی و نزدیک کردن آن به محدوده آسایش تحت تأثیر قرار گرفته است. تحقیقات انجام یافته توسط اکبری در سال 2001 در آمریکا نشان می‌دهد که برای کاهش هر درجه افزایش دما، 10-5 درصد انرژی الکتریکی لازم است (Akbari et al., 2001). در جهت مرتفع نمودن این معضل، امروزه یکی از عمده چالش‌های پیش روی دانشمندان و مهندسان این است که چگونه برای کاهش اثرات مضر افزایش دما تلاش کنند. بنابراین نیاز مبرم به استراتژی‌های تعدیل دمایی احساس می-شود؛ و تاکنون روش‌های متعددی برای تعدیل دما پیشنهاد شده است.

تعدیل دما در تمام مناطق گرم‌وخشک به طور عام و در منطقه سیستان به طور خاص با توجه به طبیعت خشن آن و وجود محیط زیست طاقت‌فرسا و سخت برای ساکنین، از اهمیت بیشتری برخوردار است. توجه به راهکارهای کاهش دما در این منطقه به دلیل شاخص بودن آمار اقلیمی از نظر سرعت بسیار زیاد باد منطقه موسوم به بادهای 120 روزه، و نظمی که این باد به لحاظ جهت (شمال غرب به جنوب شرق) دارد و همین‌طور سایر ملاحظات اقلیمی چون: دمای بالای هوا، رطوبت بسیار کم، گرد و غبار و طوفان‌های شن حاصل از خشک-سالی دو دهه اخیر بسیار حائز اهمیت است؛ که البته معماران بومی منطقه با شناخت کامل از اقلیم و شرایط خاص سیستان به تجربیات و راهکارهای منحصر به فردی دست یافته‌اند. یکی از مناسب‌ترین راهکارهای به‌کار گرفته شده جهت تعدیل دما در معماری بومی منطقه "خارخانه" است. در مورد اثر کیفی خارخانه در فضای داخل مطالعات بسیاری وجود دارد (Tate, 1910; RazJooyan, 2009; SartipiPour, 2009; Molanaei and Soleimani, 2016; SarGazi, 2016; Davtalab and Azarsa, 2009; Heidari et al., 2014) اما تاکنون میزان اثر خارخانه بر شرایط دمایی فضای داخل به‌طور کمی مورد سنجش قرار نگرفته است. این مقاله با توجه به شرایط اقلیمی خاص بستر تحقیق و سپری شدن زمان زیادی از شبانه‌روز در فضای داخل، تأکید به کنترل و بهینه‌سازی شرایط دمایی محیط داخل دارد و به نقش دمایی خارخانه بر فضای داخل مسکن بومی سیستان می‌پردازد.

در یک جمع‌بندی و در راستای هدف تحقیق که تعدیل دما در فضای زیست مسکن بومی سیستان است، سوألاتی که در جهت پاسخ‌گویی به آن‌ها گام برداشته می‌شود عبارتند از:

- آیا می‌توان تدابیری اندیشید تا فضای زیست نامطلوب امروزی سیستان را به محیطی پایدار و با کیفیت خوب زندگی تبدیل کرد؟

www.SID.ir

e of SID

- چگونه می‌توان باعث تعدیل دما در فضای زیست مسکن بومی سیستان شد؟
- خارخانه به عنوان یکی از عناصر مؤثر بر تهویه مطبوع سیستان، به چه میزان باعث کاهش دما در فضای داخل می‌شود؟

1-1- مروری بر پیشینه پژوهشی

تاکنون روش‌های متعددی برای تعدیل حرارتی پیشنهاد شده است. برای مثال رزنفیلد سه استراتژی اصلی را در این زمینه مطرح می‌کند: بام خنک، کف‌سازی خنک و تبخیر و تعرق گیاهی (Rosenfeld et al., 1995). به علاوه دو فاکتور مصالح و گیاه به عنوان فاکتورهای پیشنهادی در بسیاری از استراتژی‌های تعدیل حرارتی دیده می‌شوند (Akbari, 2008; Karlessi et al., 2011). گیاهان از راه فرآیند تعرق که طی آن از هوای پیرامون خود انرژی حرارتی می‌گیرند، دمای محیط را کاهش می‌دهند. مادامی که رطوبت خاک در حد مطلوبی قرار دارد، برگ گیاهان به ویژه درختان و درختچه‌ها از راه روزنه‌های خود بخار آب وارد هوا می‌کنند؛ که برای تبدیل هر گرم آب به بخار آب، انرژی حرارتی در حدود 582 کالری به مصرف می‌رسد. از این رو در محدوده رویش تعرق‌کننده، انرژی حرارتی فراوانی از هوا گرفته می‌شود که این جریان به کاهش دمای محیط می‌انجامد (Motazedian, 2010; Tahbaz et al., 2012).

اما با توجه به فقر پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه به دلیل کمبود آب و عدم امکان استفاده از پوشش گیاهی انبوه، ارائه راهکارهایی که بتواند از فرآیند فوق بهره برده و باعث کاهش دما در فضای داخل شود بسیار حائز اهمیت است. در این زمینه یارمحمدی و همکاران (1391) در مقاله خود ضمن بررسی کیفی و کمی انواع سیستم‌های برودتی رایج در بناهای مسکونی روستای خور به تحلیل و استخراج بازدهی برودتی هر یک از سیستم‌ها (کولر آبی، کولر گازی و بادگیر بومی) پرداخته و اشاره داشته‌اند که استفاده از سیستم‌های بادگیرهای سنتی مورد استفاده در روستاها، با تغییر کوچکی که از سیستم ساده کولرهای آبی الهام گرفته شده است، می‌تواند نقص‌ها و کمبودهای موجود را تا اندازه قابل توجهی کم کند. آنها در ادامه بادگیری پیشنهاد داده‌اند که نمونه‌ای ترکیبی از بادگیرهای سنتی روستا و کولرهای آبی بوده و با استفاده از روش تحقیق کیفی اظهار نموده‌اند که این نمونه کارآیی مناسبی در کاهش دمای فضای داخل دارد (YarMohammadi et al., 2013). همچنین دهقانی و آقانجفی (1383) در مقاله خود با عنوان "بررسی تجربی کارایی دو طرح جدید بادگیر و مقایسه آن‌ها با بادگیرهای سنتی"، به کمک روش تحقیق کیفی برای رفع معایب و محدودیت‌های بادگیرهای قدیمی در جهت تعدیل دما، طرح‌های جدیدی را به نام بادگیر با ستون خیس شونده و بادگیر با سطوح خیس شونده ارائه داده‌اند (Dehghani and AghaNjafi, 2004).

محمودی و مفیدی شمیرانی (1390) نیز در مقاله خود با عنوان "بررسی چگونگی تأثیرگذاری پلان معماری بادگیرها در کاهش دمای محیط" با هدف بررسی بادگیرهای شهر یزد اشاره دارد که بادگیرهای یزد با فرم-های متفاوتی دیده شده‌اند که ویژگی‌های شکلی آنها نقش مهمی در عملکردشان ایفا می‌کند. وی با بررسی-های میدانی به صورت توصیفی- تحلیلی به گونه‌شناسی بادگیرهای یزد پرداخته و با تحلیل عددی و محاسبه رفتار حرارتی با استفاده از نرم‌افزار فلوئنت و CFD به این نتیجه رسیده است که این بادگیرها دارای تفاوت در نتایج دما و رطوبت بوده و معماری و فرم تیغه‌های بادگیر در رفتار حرارتی آن نقش دارد (Mahmoudi and Mofidi, 2011).

آن‌چه مشخص است تحقیقات انجام گرفته پیرامون موضوع تعدیل دمای هوا اکثرا کیفی بوده و یا اینکه اثر فرم و هندسه عنصر تعبیه‌شده به‌عنوان کاهش‌دهنده هوا بر میزان تعدیل دما به صورت کمی بررسی شده است؛ اما مقاله حاضر به صورت کمی به بررسی و شناخت اثر خارخانه به‌عنوان عنصر مؤثر بر کاهش دمای فضای داخل می‌پردازد.

2-1- چارچوب نظری

1-2-1- مفهوم پایداری در معماری

کاربرد مفاهیم پایداری و اهداف توسعه پایدار در جهت کاهش اتلاف انرژی وآلودگی محیط زیست در معماری،

www.SID.ir

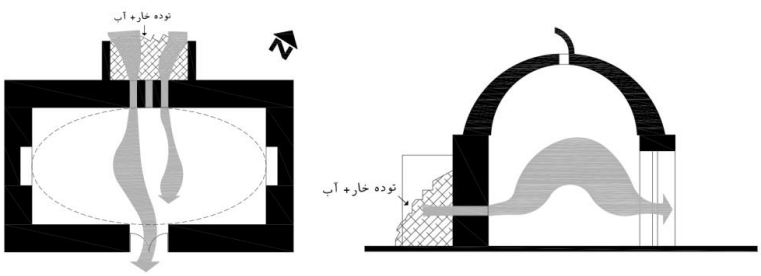
Archive of SID

مبحثی به نام «معماری پایدار» را به وجود آورده است (Molanaei and Soleimani, 2016; Noroozi and BahmanPour, 2013). در بحث توسعه پایدار و به تبع آن، معماری پایدار، اینکه هر ساختمان باید با بستر و محیط طبیعی پیرامون خود تعامل داشته باشد، به امری بدیهی مبدل شده است (WGSC, 2004; Zandiyeh and ParvardiNejad, 2010). توجه به طراحی متناسب ساختمان با اقلیم قرارگرفته در آن و استفاده از انرژی‌های پایدار در ایجاد آسایش حرارتی ساختمان از اصول پایه‌ای این نوع معماری است. در این شرایط، طراحی اجزای معماری به صورت مناسب می‌تواند، به تأمین آسایش حرارتی درون محیط و در پی آن کاهش انرژی مصرفی ساختمان منجر شود (Sharghi and Azimi, 2016). همچنین برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های یک معماری پایدار عبارتند از: به حداقل رساندن بهره‌برداری از منابع تجدیدناپذیر و به‌کارگیری انرژی‌های طبیعی و تجدیدپذیر، ارتقای کیفیت محیط‌زیست و گسترش محیط زیست طبیعی، حفظ هویت فرهنگی و قومی، اقتصادی بودن ساخت و ساز با استفاده از فناوری‌های جایگزین، هماهنگ‌سازی ساختمان با محیط و تا حد امکان استفاده از روش‌های ساخت و ساز با مصالح بومی (Beyranvand, 2011) و برآوردن نیازهای فعلی و آتی ساکنین (Sheikh Davoodi, 2011). در راستای دست‌یابی به اهداف «معماری پایدار» استفاده از فنآوری‌های نوین و انرژی‌های تجدیدپذیر، از اهمیت بالایی برخوردار است (Zarghami et al., 2015). بر این اساس معرفی مصادیق و تبیین تجاربی از معماری ایرانی که واجد اصول معماری پایدار باشد و به نحو مناسبی از انرژی‌های پایدار طبیعت بهره‌برداری نماید از ضرورت‌های زندگی امروزی است.

بررسی مطالب ذکر شده از خانه بومی سیستان این مطلب را می‌رساند که معماری مسکن بومی یک معماری پایدار است؛ چرا که این خانه به‌دست استادکار ماهر و با تأثیر از فرهنگ و اقلیم منطقه ساخته شده است و ضمن تطابق با اصول و ارزش‌های فرهنگی خانواده‌های ساکن، شرایط اقلیمی و معضلات آن را به‌خوبی در خود حل نموده است (Zarghami et al., 2015). هماهنگی با طبیعت و آوردن طبیعت در دل خود جهت رفع نیازهای اکولوژیکی خود و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین استفاده بهینه از انرژی باد پاسخی درست به بسیاری از نیازهای انسان بوده است. یکی از مصادیق پایداری در معماری بومی سیستان که شناخت اثر کمی و کیفی آن، موضوع این مقاله است، خارخانه است که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

1-2-2- خارخانه

در تبیین و شناخت خارخانه باید گفت که عمده مطالعات صورت‌گرفته در مورد خارخانه به تعریف و توصیف کیفی این عنصر تهویه مطبوع در معماری بومی سیستان پرداخته‌اند. این عنصر از نظر عملکرد، مانند کولر آبی عمل می‌کند. در سیستان با توجه به وزش بادهای 120 روزه، برای اینکه بتوان هوای گرم را به هوای مرطوب تبدیل کرد از عنصری به نام خارخانه یا به زبان محلی "خارخونه" استفاده می‌کنند (شکل 1). کتاب تاریخ بیهقی اشاره‌ای دارد به خارخانه که فرزند سلطان محمود غزنوی در ویلای خود داشته است. خارخانه‌های سیستان که برای اقامت تابستان ساخته می‌شود در برهان قاطع به نام خیشخانه یاد شده و مختص سیستان بوده است (Molanaei and Soleimani, 2016).



شکل 1- خارخانه بومی منطقه سیستان، پلان (سمت چپ) و مقطع (سمت راست)

Fig. 1-. A traditional Kharkhona in Sistan Region, Plan (left) and section (right)

www.SID.ir

e of SID

جورج پیتر تیت[1] را شاید بتوان معتبرترین مستشار انگلیسی دانست که تشریح کامل‌تری نسبت به معماری منطقه سیستان در کتاب خود ارائه داده است. وی در مورد منطقه سیستان اشاره دارد که اگر یک مشخصه زندگی در سیستان وجود داشته باشد که سایر جنبه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد، بی‌تردید باد صدوبیست‌روزه است (Tate, 1999). همچنین وی از احداث خارخانه‌ها برای اتاق محل اقامت خود سخن گفته است و اشاره دارد که کاهش دمایی که در اثر وجود خارخانه در اتاق اتفاق افتاده بود به حدی بود که لازم و مطلوب نبود و لذا سطح روزنه را به نصف مقدار اولیه آن کاهش داده‌اند (همان). سرگزی (1395) در مورد سیستم سرمایشی خارخانه می‌نویسد «در اقلیم گرم‌وخشک، تبخیر آب می‌تواند باعث کاهش دمای هوا شود (Zandiyeh and ParvardiNejad, 2010)، بر این اساس در معماری بومی منطقه سیستان به منظور مرطوب نمودن بادهای گرم‌وخشک منطقه، با تعبیه خارخانه اقدام به ایجاد تاسیسات سرمایشی نموده تا توسط برودت ناشی از تبخیر قطرات موجود در خارها، هوای داخل ساختمان خنک شود (RazJooyan, 2009)». لندور اشاره دارد "در طراحی ساختمان کنسولگری انگلیس در سیستان، تمهیداتی درنظرگرفته شده تا اثرات ناراحت‌کننده بادهای شمالی که در ماه‌های تابستان می‌وزند، تخفیف داده شود.

در دیوار شمالی، چندین خارخانه، هر یک به عمق 4 فوت درنظر گرفته شده که با بوته‌های خارشتر پُر خواهند شد و سپس بر روی بوته‌ها آب می‌ریزند. طرز کار خارخانه به این ترتیب است که باد از طریق مجرای مخصوصی به روی خارها هدایت می‌شود و باعث تبخیر آب می‌گردد. حرارت لازم برای تبخیر آب، عملا از هوا گرفته می‌شود و در نتیجه بادی که از خارها عبور می‌کند، بسیار خنک‌تر گردیده و البته میزان رطوبت آن نیز بالا می‌رود (Landour, 1999).

البته خارخانه نه تنها برای سیستان، بلکه برای تمام مناطق کویری است؛ برای نمونه در افغانستان همانند سیستان "خارخانه"، در بلوچستان "احتکن" در کرمان "یخدکن" و در بندرعباس "آدوربند" گفته می‌شود (Molanaei and Soleimani, 2016) که عملکردی مشابه عملکرد خارخانه‌های سیستان دارند.

2– روش تحقیق

با هدف کشف رازهای معماری بومی منطقه سیستان و بروزرسانی عملکرد خارخانه‌های بومی (شکل 2، الف) به عنوان یکی از عناصر مهم تهویه طبیعی مطبوع در این منطقه، خارخانه‌ای توسط نگارندگان با درنظرگرفتن شرایط اقتصادی روستاییان و نیز کالبد معماری روستایی امروز سیستان طراحی و ساخته شده است.

شکل 2– الف. خارخانه بومی منطقه سیستان، ب. خارخانه ابداعی نگارندگان با حداقل هزینه ساخت و مصرف انرژی، ج. نمای خارخانه ابداعی از داخل فضا، د. نمای بیرونی خارخانه ابداعی

Fig. 2- (a) .A traditional Kharkhona in Sistan Region (b) .A Kharkhona designed by the authors with minimum cost and energy consumption (c) .The view of the designed Kharkhona from inside the room (d) . the outside view of the designed Kharkhona

www.SID.ir

Archive of SID

این خارخانه از لحاظ مشخصات دارای ابعاد (60*85*120) سانتی‌متر است (شکل 2، ب) که در داخل پنجره اتاقی ساخته شده به سبک بومی قرار گرفته است. چارچوب اصلی خارخانه از قوطی (2*2) سانتی‌متر ساخته شده و یک تشتک آب در پایین آن قرارگرفته است؛ درون تشتک، پمپ آبی وجود دارد که آب داخل تشتک را به بالا انتقال می‌دهد؛ در بالای تشتک، محفظه قراردادن خارها قرار دارد که با توجه به بازبودن بالای آن، خارها پس از مدت زمان 2 الی 3 ماه (زمان خشک‌شدن کامل خار) قابل تعویض است. این خارخانه به صورت کشویی از محل خود بیرون می‌آید. پنجره اتاق نیز در داخل آن قرار گرفته است که در ایام سرد سال مسدود می‌گردد (شکل 2، ج) و (شکل 2، د).

این تحقیق با توجه به هدف - شناخت اثر خارخانه در تعدیل دما در فضای زیست در مسکن روستایی سیستان - از نوع تحقیقات کمی و کاربردی بوده و با توجه به روش انجام کار، از ماهیتی توصیفی- تحلیلی برخوردار است. در این تحقیق با توجه به ماهیت و ساختار تحقیق، اندازه‌گیری‌های میدانی در دو نمونه موردی از پیش تعیین شده در منطقه سیستان، در فصل تابستان 1398 و توسط دو دستگاه WBGT 8778 برداشت و ثبت گردید. همچنین تحلیل و پردازش داده‌ها با استفاده از روش‌های آمار توصیفی و نرم‌افزار Excel میسر گردید.

2-1- مبانی اندازه‌گیری دما

همان‌طور که در بخش مقدمه بیان شد متغیر محیطی دمای هوا یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر شرایط آسایش حرارتی است؛ بنابراین با کاهش دما در منطقه **گرم-**و**خشک** سیستان شرایط آسایش حرارتی تعدیل می‌شود. ارزیابی این متغیر از طریق اندازه‌گیری مستقیم به‌وسیله دستگاه‌های ذکرشده و در ارتفاع 1.5 متری از سطح زمین صورت گرفت؛ که این ارتفاع در بازه تعیین شده از طرف سازمان هواشناسی جهانی (WMO[2]) که نصب سنسورها را به دلیل کاهش اثر تابش خورشید، بازتابش سطح زمین و اجسام پیرامون در دمای اندازه‌گیری شده، در محدوده ارتفاعی 2-1.25 متر از سطح زمین مشخص نموده است (CIBSE[3], 2002)، قرار دارد.

به لحاظ محدوده زمانی تحقیق با توجه به اینکه در مناطق گرم و بیابانی آنچه که بیش از سایر عوامل محیطی آزاردهنده است، گرمای زیاد و رطوبت کم هوا است؛ لذا در این مناطق بیش از گرمایش، باید در پی خنک‌کنندگی بود. بنابراین مشکل عمده ساکنین این مناطق چه به لحاظ طول مدت زمانی و چه به لحاظ شدت اثر، مربوط به فصل گرما می‌شود که البته در این مناطق فصل گرما فقط به تابستان اختصاص ندارد و عمدتا از بهار شروع شده و تا نیمه‌های پاییز نیز ادامه دارد و یک بازه زمانی 6 تا 8 ماه را دربر می‌گیرد. لذا با توجه به هدف تحقیق که شناخت و بررسی اثر خنک-کنندگی خارخانه در فضای زیست در اقلیم گرم‌وخشک است، روزهای انتخابی جهت برداشت اطلاعات میدانی از میان گرم‌ترین روزهای سال در تیرماه (روزهای 6، 7، 8 و 9 تیرماه 1398) انتخاب شدند. همچنین اندازه‌گیری دمای هوا بر طبق تحقیقات انجام شده، با فواصل زمانی 3 ساعته، در ساعت‌های 6، 9، 12، 15، 18، 21 و 24 انجام شد.

2-2- محدوده مورد مطالعه

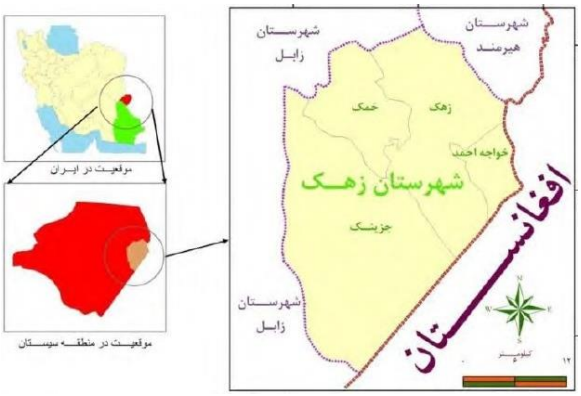
شهرستان زهک با مساحت 945 کیلومتر مربع و با 168 آبادی دارای سکنه در شمال استان سیستان و بلوچستان و در بخش شرقی منطقه سیستان قرار دارد (شکل 3). این شهرستان از شمال به شهرستان هیرمند، از غرب به شهرستان زابل و از سمت شرق و جنوب به کشور افغانستان محدود می‌گردد (Asghari LafmeJani and Masoumi Jeshni, 2017).

این منطقه به لحاظ آب و هوایی دارای شرایط خاصی است که این شرایط بر معماری منطقه نیز تأثیرات مهمی گذاشته است. بر اساس آمار 30 ساله هواشناسی زابل (2009-1980)، در این منطقه به طور متوسط سالیانه بیش از 300 روز خشکی وجود دارد. اقلیم آن به روش گوسن، بیابانی و به روش کوپن، خشک بسیار گرم با تابستان خشک و به روش تحلیل خوشه‌ای بسیار کم بارش، **گرم‌و**خشک است. از خصوصیات مهم اقلیمی این منطقه می‌توان به وزش بادهای شدید (120 روزه سیستان)، میانگین تعداد روزهای آفتابی سالیانه بیش از

www.SID.ir

e of SID

260 روز تابش آفتاب، دامنه تغییرات زیاد دما در شبانه‌روز، بارندگی متوسط سالیانه 64 میلی‌متر با پراکندگی نامناسب، بالا بودن دما و تعداد ساعات آفتابی اشاره کرد (Tavousi and RaeisPour, 2010). مجموعه این عوامل باعث شده تا این منطقه پتانسیل بیشترین مقدار تبخیر سالانه کشور (5000-4000 میلی‌متر در سال) را داشته باشد (Mirlotfi et al., 2012).

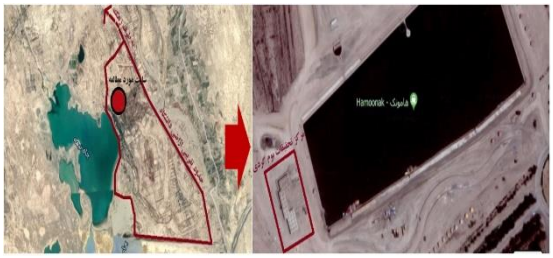


شکل 3- موقعیت شهرستان زهک در استان سیستان و بلوچستان

Fig. 3- Location of Zahak City in Sistan and Baluchistan Province (source: Asghari LafamJani and Masoumi Jashni, 2016)

2-3- بستر مورد مطالعه

بستر مورد مطالعه تحقیق حاضر در مجتمع آموزشی دانشگاه زابل با طول جغرافیایی ″61°/71 و عرض جغرافیایی ″30°/84 در حوزه استحفاظی شهرستان زهک در مجاورت دریاچه مصنوعی هامونک قرار گرفته است (شکل 4). این مکان که با عنوان مرکز تحقیقات بوم-گردی در دانشگاه زابل شناخته می‌شود یک مجموعه کاملا سنتی بوده که با استفاده از تکنیک‌های معماری بومی منطقه سیستان احداث گردیده است. این مجموعه دارای 6 اتاق اقامتی، 5 اتاق خدماتی و یک سالن دارای 9 دهانه سقف بومی است که یکی از اهداف احداث آن انجام مطالعات اقلیمی بر روی مسکن بومی سیستان است که در زمان طراحی و ساخت توسط نگارندگان مد نظر بوده است. شکل‌گیری مسکن بومی در منطقه سیستان از سلولی به نام "اتاق" شروع می‌شود و از ترکیب اتاق‌ها، خانه روستایی بومی سیستان شکل می‌گیرد. اتاق‌ها عمدتا دارای درب مستقل به حیاط و در خلاف جهت باد غالب بوده و به منظور بهره‌گیری از انرژی باد از عناصر کُلَک، صورَک و دریچه‌های مشبک جهت تهویه طبیعی و ورود باد، در هر اتاق استفاده می‌شود. غالبا این اتاق‌ها نسبت به بیرون و نیز نسبت به نحوه ورود باد به داخل آنها به صورت مستقل عمل می‌نمایند (Heidari, 2016). با توجه به وزش بادهای 120 روزه در ایام گرم سال در منطقه سیستان، ساکنین بومی منطقه به منظور تهویه مطبوع طبیعی و پایین آوردن دمای هوا در داخل اتاق از عنصری به نام خارخانه استفاده می-کرده‌اند که مقاله حاضر با توجه به سوألات و هدف پژوهش دو نمونه اتاق بومی کاملا یکسان – یکی دارای خارخانه و دیگری بدون آن – را مورد بررسی و تحلیل قرار داده است (شکل 5).



شکل 4- موقعیت سایت مورد مطالعه در مجتمع آموزشی دانشگاه (سمت چپ)، موقعیت سایت مورد مطالعه در حاشیه دریاچه مصنوعی هامونک (سمت راست)

Fig. 4- Location of the area under study in the university campus (left) and the area under study near Hamounak Lake (right)

شکل 5- موقعیت اتاق دارای خارخانه (آزمون) و بدون خارخانه (شاهد) در مرکز تحقیقات بوم‌گردی دانشگاه زابل

Fig. 5- Location of the room equipped with Kharkhona (experimental) and the room without Kharkhona (control) inside Ecotourism Research Center of Zabol Uni.

www.SID.ir

Archive of SID

2-4- معرفی ابزار اندازه‌گیری

با توجه به این‌که در این تحقیق از روش آزمایش میدانی استفاده شده است، نیاز به ابزار اندازه‌گیری در محیط واقعی بود. لذا جهت اینکه این ابزار از اعتبار لازم برخوردار باشند، سعی شده است تا بر اساس نمونه‌های موردی و استانداردهای مختلف (ISO 7726, 1998; WMO-No. 8, 2008) ، ابزار مناسب اندازه‌گیری و جمع‌آوری داده‌های مربوط به پارامتر دما انتخاب شود. همان‌طور که بیان شد جهت برداشت و ثبت متغیر محیطی دمای هوا از دستگاه‌های پیشرفته و دقیق WBGT[4] 8778 (شکل 6) استفاده گردید. این دستگاه قادر به اندازه‌گیری اطلاعات هواشناسی نظیر دما، رطوبت، تابش و دمای تشعشعی هم در فضای درونی ساختمان و هم در فضاهای باز است. علاوه بر این قابلیت اندازه‌گیری هم‌زمان تأثیر دما، رطوبت، جریان هوا و دمای تشعشعی را بر یکدیگر دارا است. این دستگاه یک دماسنج معمولی است که داخل یک کره مسی به قطر 75 میلی‌متر جای داده شده و سطح خارجی کره به رنگ سیاه مات درآمده است و به منظور درنظر گرفتن دمای تابشی محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد.

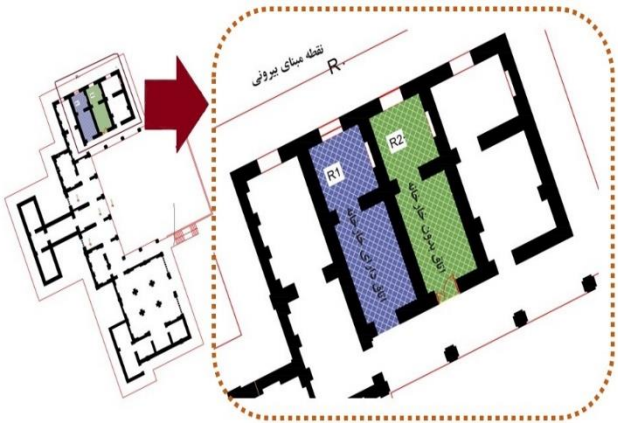
شکل 6- دستگاه هواشناسی WBGT

Fig. 6- WBGT meteorological device

3- نتایج و بحث

3-1- روند گردآوری و تجزیه داده‌ها

گردآوری داده‌ها در گام نخست باید از طریق انتخاب ایستگاه‌هایی برای اندازه‌گیری انجام شود؛ لذا انتخاب این ایستگاه‌ها بسیار مهم است و باید هدف‌دار و با لحاظ‌کردن معیارهایی خاص انجام پذیرد. لذا با توجه به هدف تحقیق که شناخت اثر خارخانه بر دمای محیط و میزان تعدیل آن جهت نزدیک‌شدن به شرایط آسایش حرارتی است، سه مکان به عنوان ایستگاه اندازه‌گیری در نظر گرفته شد (شکل 7):



شکل 7- موقعیت دو اتاق مورد مطالعه در مرکز تحقیقات بوم‌گردی دانشگاه زابل؛ (اتاق سمت چپ، اتاق دارای خارخانه و اتاق سمت راست، اتاق بدون خارخانه)

Fig. 7- Location of two rooms inside Ecotourism Research Center of Zabol University (the left room is equipped with Kharkhona and the right room without Kharkhona)

- ایستگاه R در فضای باز و در 2 متری جبهه شمالی بنای مورد مطالعه جهت ثبت وضعیت دمای هوا قبل از ورود به داخل فضای بسته،
- ایستگاه R_1 به عنوان آزمون در اتاقی که در پنجره جبهه شمالی آن خارخانه نصب گردید،
- و ایستگاه R_2 به عنوان شاهد در اتاقی کاملا مشابه اتاق آزمون از نظر فرم، ابعاد و مصالح، اما بدون وجود خارخانه.

متغیر دمای هوا در هر یک از ایستگاه‌های فوق در ایام و ساعات تعیین شده برداشت گردید که میانگین داده‌های به‌دست آمده در جدول 1 مشاهده می‌شود.

همچنین میانگین دمای روزانه هر یک از ایستگاه‌های سه‌گانه در ایام و ساعات برداشت شده محاسبه و در جدول 2 ارائه شده است.

www.SID.ir

e of SID

جدول 1- میانگین دمای هوای روزهای اندازه گیری شده به تفکیک ساعت

Tab. 1- Air temperature mean of each measurement hour

ایستگاه اندازه گیری	ساعت 6	ساعت 9	ساعت 12	ساعت 15	ساعت 18	ساعت 21	ساعت 24
R (فضای باز بیرون)	29.20	35.65	42.05	43.48	42.60	35.03	31.63
R1 (اتاق دارای خارخانه)	25.83	27.78	29.98	31.68	31.80	30.70	28.03
R2 (اتاق بدون خارخانه)	29.65	34.33	40.00	41.60	40.90	35.88	33.20

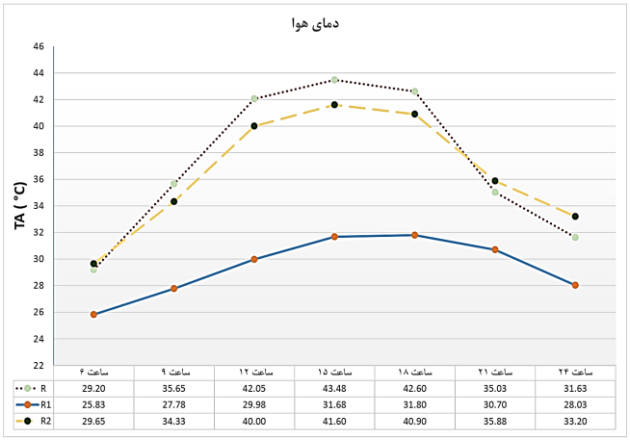
جدول 2- میانگین دمای هوای روزهای اندازه گیری شده طی روز

Tab. 2- Air temperature mean of measurement days

ایستگاه اندازه گیری	میانگین دمای روزانه
R	37.09
R1	29.40
R2	36.51

3-2- تحلیل داده‌ها

تحلیل ساعتی دمای هوا در ایستگاه‌های برداشت شده طبق جدول 1 و شکل 8 نشان می‌دهد که در ساعاتی از شبانه‌روز که خورشید در آسمان دیده نمی‌شود (از غروب تا طلوع خورشید)، دمای هوای بیرون (R) تقریبا با دمای هوای اتاق بدون خارخانه (R2) برابر است و این دو اختلاف کمتری حدود 3 تا 5 درجه سانتی‌گراد با اتاق دارای خارخانه (R1) دارند. اما طی روز این تفاوت‌ها بیشتر شده به طوری که در ساعت اوج گرما (3 عصر) دمای هوای اتاق بدون خارخانه حدود 2 درجه سانتی‌گراد کمتر از بیرون و دمای هوای اتاق دارای خارخانه حداقل 12 درجه سانتی‌گراد خنک‌تر از دمای هوای بیرون است



شکل 8- تغییرات ساعتی دمای هوا در ایستگاه‌های سه‌گانه

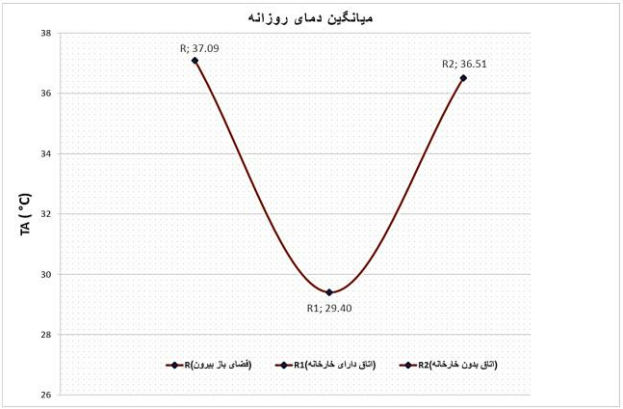
Fig. 8- Air temperature changes in the three measurement stations

که این اختلاف عدد قابل توجهی است و در ساعات بسیار داغ بعد از ظهرهای منطقه سیستان می‌تواند به بهبود هوا در فضای داخل کمک نماید. همچنین از ساعت 21 تا 6 صبح (قبل از طلوع خورشید) دمای هوای اتاق بدون خارخانه حدود 1 تا 2 درجه سانتی‌گراد از دمای هوای بیرون بالاتر است که این به دلیل جذب گرما توسط مصالح طی روز و انتشار آن در طی شب است.

اما به‌طور کلی و بر اساس تحلیل میانگین دمای روزانه هوا در ایستگاه‌های سه‌گانه برداشت شده (جدول 2 و شکل 9)، دمای هوای اتاق بدون خارخانه تنها 0.58 درجه سانتی‌گراد از دمای بیرون پایین‌تر است؛ در حالی‌که دمای اتاق دارای خارخانه 7.69 درجه سانتی‌گراد خنک‌تر از دمای هوای بیرون است که دلیل آن وجود خارخانه و رطوبت حاصل از آن است که باعث شده هوا بخشی از دمای خود را به صورت دمای نهان صرف تبخیر آب خارخانه نماید و باعث تعدیل شرایط دمایی و آسایش حرارتی افراد ساکن در فضای دارای این سیستم بومی خنک‌کننده شود. لذا از آن‌جا که در سطح‌های محیط-های ساختمانی عمدتا آب وجود ندارد و در نتیجه میزان گرمای محسوس در آن‌ها بسیار بالاست، این سیستم به عنوان راهبرد غیر فعال کاهش استرس حرارتی که باعث ایجاد رطوبت (برای افزایش گرمای نامحسوس و کاهش گرمای محسوس) و اثر خنک‌کنندگی فضا می‌شود پیشنهاد می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 9- میانگین دمای روزانه هوا در ایستگاه‌های سه‌گانه
Fig. 9- Daily air temperature mean in the three measurement stations

البته مقدار اثر خنک‌کنندگی خارخانه به عوامل متعددی از جمله تراکم خارها، سطح خارخانه، تازگی یا خشک بودن خارها، میزان خیس‌بودن خارها و عوامل سایکرومتریک بستگی دارد؛ به طوری که هرچه تراکم خارها، میزان آب پاشیده شده بر آن و نسبت سطح خارخانه به سطح دیوار واقع شده در آن افزایش یابد، خنک‌سازی بیشتری انجام می‌شود.

4- نتیجه‌گیری

لزوم تنظیم شرایط آسایش حرارتی در محیط زندگی بر هیچ کس پوشیده نیست و توجه به آن و به‌کارگیری راهکارهایی به منظور افزایش کیفی شاخص‌های آسایشی می‌تواند زندگی افراد را در محیط، مطلوب‌تر و در وضعیت سخت اقلیمی تحمل‌پذیرتر کند. همچنین از مهم‌ترین عوامل مؤثر محیطی بر آسایش، دما است و بدیهی است که با افزایش دمای هوا، مصرف انرژی نیز در تعدیل حرارتی و نزدیک کردن آن به محدوده آسایش تحت تأثیر قرار گرفته است. لذا تعدیل دما در تمام مناطق گرم‌وخشک به طور عام و در منطقه سیستان به طور خاص با توجه به اقلیم بسیار گرم آن، از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و یکی از مناسب‌ترین راهکارهای بکار گرفته شده جهت تعدیل دما در معماری بومی این منطقه استفاده از "خارخانه" بوده است. در مورد اثر کیفی خارخانه در فضای داخل تا حدودی مطالعاتی انجام شده است؛ اما تا کنون میزان اثر خارخانه بر شرایط دمایی فضای داخل به‌طور کمی مورد سنجش قرار نگرفته است. این مقاله در راستای دست‌یابی به اهداف معماری پایدار و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و با توجه به شرایط اقلیمی خاص بستر تحقیق و سپری شدن زمان زیادی از شبانه‌روز در فضای داخل، تاکید بر کنترل و بهینه‌سازی شرایط دمایی محیط داخل داشته است و به نقش دمایی خارخانه به عنوان یکی از مصادیق پایداری در معماری بومی سیستان بر فضای داخل مسکن و شناخت اثر کمی و کیفی آن پرداخته است.

جهت رسیدن به هدف فوق و به عنوان مطالعه موردی، سه ایستگاه اندازه‌گیری (اولی فضای باز به عنوان مبنا، دومی اتاق دارای خارخانه به عنوان آزمون و سومی اتاق مشابه اتاق آزمون اما بدون خارخانه به عنوان شاهد) در مسکن بومی سیستان در نظر گرفته شد و در روزهای گرم سال طی ساعات مختلف، دمای هوا اندازه‌گیری شد. در پاسخ به سوألات تحقیق، نتایج توصیفی – تحلیلی داده‌ها نشان داد که به طور میانگین و در کل شبانه‌روز دمای هوای اتاق بدون خارخانه تنها 0.58 درجه سانتی-گراد از دمای بیرون پایین‌تر است؛ در صورتی که دمای اتاق دارای خارخانه 7.69 درجه سانتی‌گراد خنک‌تر از دمای هوای بیرون است. این در حالی است که در ساعت اوج گرما (3 عصر) دمای هوای اتاق بدون خارخانه حدود 2 درجه سانتی‌گراد کمتر از بیرون و دمای هوای اتاق دارای خارخانه حداقل 12 درجه سانتی‌گراد خنک‌تر از دمای هوای بیرون است. این میزان تعدیل دما بسیار قابل توجه بوده و با توجه به اینکه برای کاهش هر درجه افزایش دما، 10-5 درصد انرژی الکتریکی لازم است، لذا این مقدار کاهش دما صرفه‌جویی زیاد مصرف انرژی را در پی خواهد داشت و گامی مهم در راستای معماری پایدار محسوب می‌شود.

در نهایت اینکه تحقیق حاضر در راستای هدف بیان شده - تعدیل دما در فضای زیست مسکن بومی سیستان - و با شناخت میزان اثر بر کاهش دما در فضای داخل نشان داد که خارخانه ابتکاری توسط نگارندگان عملکردی مناسب و کاهش دمایی قابل ملاحظه‌ای داشته و می‌تواند

www.SID.ir

e of SID

باعث تعدیل قابل قبول دما در فضای زیست مسکن بومی سیستان شود و قابل گسترش و توسعه برای معماری روستایی امروز سیستان باشد و نشان داده شد که می-توان تدابیری اندیشید تا فضای زیست نامطلوب امروزی این منطقه از کشور را به محیطی پایدار و با کیفیت مناسب‌تر زندگی تبدیل کرد و باعث تعدیل دما در فضای زیست مسکن بومی سیستان شد.

قدردانی

از آقایان مهندس علی حیدری مدیر محترم طرح‌های عمرانی و امور فنی دانشگاه زابل و مهندس محمدعلی سرگزی که امکان انجام برداشت‌های میدانی تحقیق را فراهم کرده‌اند و به ویژه از خانم دکتر منصوره طاهباز دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی جهت در اختیار قراردادن ابزار اندازه‌گیری صمیمانه قدردانی می‌شود. هزینه‌های این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه زابل از محل پژوهانه شماره UOZ-GRANT-9618-26 تأمین شده است.

پی‌نوشت

[1] G. P. Tate
[2] World Meteorological Organization
[3] Chartered Institution of Building Services Engineers
[4] Wet Bulb Globe Temperature

منابع

Akbari, H. (2008). Saving Energy and Improving Energy in Urban Heat Islands. Physics of Sustainability, using energy efficiently and producing it renewably.

Akbari, H., Pomerantz, M., Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and Improve air quality in urban areas. Solar energy. 70(3). 295-310.

Akbulut, M.T., Akbulut, D.E., Oral, G.K. (2006). The Parameters Effect on Sustainable Built Environment Design. The 1st International CIB Endorsed METU, Ankar.471-481.

Asghari LafmeJani, S., Masoumi Jeshni, M. (2017). The Evaluation of Operational Quality of the Guide Plan and its Effects in the Border Villages, Case Study: Zahak Township. Quarterly of Geography (Regional Planning), 7(1): 169-187. [In Persian]

Ashrae. (2001). Ashrae Fundamentals Handbook, American Society heating refrigerating and Air conditioning Inc. Atlanta.

Beyranvand, M. (2011). Recognizing Sustainable Architecture and Its Position in Achieving Sustainable Development Goals. Danesh Nama. No. 197: 72-79. [In Persian]

Bradshaw, V. (1993). Building Control Systems. New York. Wiley.

Davtalab, J., Azarsa, S. (2009). Sistan's Rural Housing Model with Emphasis on Vernacular Architecture. First National Conference on Rural Housing and Physical Development, University of Sistan and Baluchistan, Zahedan. Iran. [In Persian]

Dehghani, A., AghaNjafi, S. (2004). Experimental Investigation of the Efficiency of Two New Windmill Designs and Their Comparison with Traditional Windmills. Iranian Journal of Energy, 21: 14-26. [In Persian]

Fanger, P.O. (1972). Thermal comfort analysis and Applications in environmental engineering. McGraw-Hill, USA.

Filippi, M., Astolfi, A., Piccablotto, G. (1997). A Hyper Textual Tool for Comfort Design. The 6th International Congress CLIMA 2000, Bruxelles.

Frontczak, M., Wargocki, P. (2011). Literature Survey on How Different Factors Influence Human Comfort in Indoor Environments. Building and Environment, 46: 922-937.

Givoni, B. (1976). Man, Climate and Architecture, Elsevier press, New York, USA.

Heidari, A. (2016). Studing and Analyzing the Local Methods Using Wind to Exemplify and Modify the Architecture of Sistan Rural Housing. IUAST. Tehran. Iran. [In Persian]

Heidari, A., Memarian, Gh.H., MohammadMoradi, A., HosseinAliPour, S.M. (2014). Evaluation of the Native Wind Use Practices to Improve Identity in Sistan's Rural Housing Architecture. National Conference on Architecture, Urban Development, and Urban Development, Mashhad. [In Persian]

www.SID.ir

Archive of SID

Sakurai, Y., Noguchi, T., Horie, G., Matsubara, N. (1990). Quantification of the Synthesized Evaluation of the Combined Environment. Energy and Buildings, 14: 169-173.

SarGazi, M.A. (2016). The Influence of Thermal Comfort Range on Sistan Region Architecture Design. Geography and Urban-Regional Planning, 19: 17-26. [In Persian]

SartipiPour, M. (2009). Pathology of Rural Architecture towards Desirable Settlement. Shahidi Publications, First Edition. Tehran. Iran. [In Persian]

Sharghi, A., Azimi, N. (2016). The Role of Slope Shape Roofs in Heating Energy Consumption Based on Energy Gain. Sustainable Architecture and Urban Design. 4 (2):65-74. [In Persian]

Sheikh Davoodi, N. (2011). Housing and Housing Neighborhood Design, a Comprehensive Home Design Application for Aging Communities, IUAST. Tehran. Iran. [In Persian]

Slater, K. (1985). Human Comfort. Springfield, Ill., U.S.A., C.C. Thomas.

Tahbaz, M., Jalilian, S., Moosavi, F. (2012). Lessons from Climatic Architecture of the Passages of Kashan, a Field Study in the Traditional Part of the City. JIAS. 1 (1): 59-83. [In Persian]

Tate, G.P. (1910). Sistan, a Memoir on the History, Topography, Ruins, and People of the Country. Calcutta: Supt. Govt. Print.

Tate, G. P. (1999). The Historical Geography of Sistan; Translated and Edited by: Hassan Ahmadi. Nashre-Moalef. First Edition. Tehran. Iran. [In Persian]

Tavousi, T., RaeisPour, K. (2010). Statistical Analysis and Prediction of Severe Storms Using Partial Series Analysis Method, Case Study: Sistan Region. Geographical Studies of Arid Regions. 2: 93-105. [In Persian]

WGSC. (2004). Working Group for Sustainable Construction [WGSC], (2004), Working Group Sustainable.

WMO-No. 8. (2008). Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, seventh ed. World Meteorological Organization (WMO).

ISO 7726. (1998). Ergonomics of the Thermal Environment – Instruments for Measuring Physical Quantities. International Organization for Standardization, Geneva.

Karlessi, T., Santamouris, M., Synnefa, A., Assimakopoulos, D., Didaskalopoulos, P., Apostolakis, K. (2011). Development and testing of PCM doped cool colored coatings to mitigate urban heat island and cool buildings. Building and Environment. Volume 46. Issue 3. Pages 570-576.

Landour, H.S. (1999). The Historical Geography of Sistan; Translated and Edited by: Hassan Ahmadi. Nashre-Moalef. First Edition. Tehran. Iran. [In Persian]

Mahmoudi, M., Mofidi, S.M. (2011). Investigation of How Wind Deflector Architecture Plan Effect on Reducing Ambient Temperature. Journal of Environmental Science and Technology. 13 (1): 83-91 [In Persian].

Mirlotfi, M.R., Tavakoly, M., Bandani, M. (2012). The Comparative Study of the Geographical Directions of Rural Housing and Energy Consumption in Sistan. JHRE. 31 (138): 39-52. [In Persian]

Molanaei, M., Soleimani, S. (2016). Insight into the Valuable Elements of Sistan Local Architecture in Relation to Climatic Factors of Sustainable Architecture. Bagh-e Nazar. 41: 57-66. [In Persian]

Motazedian, A. (2010). Outdoor Comfort. Shahid Beheshti University. Tehran. Iran. [In Persian]

Noroozi, R., Bahman Pour, H. (2013). Sustainable Neighborhoods Design Criteria Based on Environmental Norms. Sustainable Architecture and Urban Design. 1 (2):65-80. [In Persian]

Oral, G.K., Yener, A.K., Bayazit, N.T. (2004). Building Envelope Design with the Objective to Ensure Thermal, Visual and Acoustic Comfort Conditions. Building and Environment, 39: 281-287.

Razjooyan, M. (2009). Comfort with Architecture in Harmony with the Climate. Shahid Beheshti University, Tehran. Iran. [In Persian]

Rosenfeld, A.H., Akbari, H., Bretz, S., Fishman, B.L., Kurn, D.M., Sailor, D., Taha, H. (1995). Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates. Energy and Buildings. 22(3). 255-265.

www.SID.ir

e of SID

YarMohammadi, H.; Akrami, G.; Dahi, S. (2013). A Qualitative and Quantitative Assessment of Different Kinds of Current Cooling Systems in Rural Residential Buildings Case Study: Khoor, Khorasan, Iran. JHRE. 31 (139):33-50. [In Persian]

Zandiyeh, M., ParvardiNejad, S. (2010). Sustainable Development and its Concept in Housing Architecture of Iran. JHRE. 29 (130):2-21. [In Persian]

Zarghami, E., Khaki, A., Sadat, A. (2015). A comparative study of sustainable architecture and compliance with the vernacular architecture of traditional houses in Iranian-Islamic. Sustainable Architecture and Urban Design. 4 (1):15-30. [In Persian]

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir