

# بررسی تحلیلی - عددی میزان اثر رطوبتی خارخانه در مسکن

## بومی سیستان

جمشید داوطلب\*، ابوالفضل حیدری\*\*

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۹۸/۰۶/۰۷

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۹۸/۱۲/۲۱

### چکیده

در معماری بومی سیستان، همواره راهکارهای ارزشمندی در جهت فراهم کردن شرایط زندگی مطرح شده است. شرایط خاص اقلیمی در این منطقه، معماران را بر آن داشته است که با اصول ابداعی خویش بهترین و مناسب‌ترین شیوه‌های تطبیق با اقلیم و استفاده مناسب از شرایط اقلیمی را فراهم آورند. این اصول و الگوها امروزه می‌تواند با تلفیق مناسب با فناوری جدید در ساختار معماری قرار بگیرد. از جمله عناصر بومی مؤثر در تهویه و خنک کردن فضای زیست این منطقه، خارخانه است. معماران بومی با تعبیه خارخانه اقدام به ایجاد تأسیسات سرمایشی نموده تا توسط برودت ناشی از تبخیر قطرات موجود در خارها، هوای داخل ساختمان خنک شود. این مقاله با هدف شناخت و بررسی عملکرد خارخانه‌ها و نیز تحلیل رطوبت نسبی هوای داخل در مسکن بومی منطقه و مناسب‌سازی آن‌ها در مسکن روستایی امروز سیستان گام برداشته است. با این هدف، مطالعات میدانی بر روی دو اتاق بومی کاملاً مشابه، یکی دارای خارخانه به‌عنوان آزمون و دیگری بدون خارخانه به‌عنوان شاهد انجام پذیرفت و میزان اثر رطوبت در اتاق آزمون نسبت به اتاق شاهد و نقطه مبنای خارج از دو اتاق سنجیده و مقایسه شد و برای درک یکپارچه داده‌ها از پردازش با استفاده از روش آمار توصیفی توسط نرم‌افزارهای EXCEL و MINITAB استفاده شد. طبق نتایج تحلیل داده‌ها، رطوبت نسبی هوای اتاق دارای خارخانه اختلاف فاحشی با دو ایستگاه دیگر دارد و از عدد ۱۲ درصد در فضای مشابه بدون خارخانه به بالای ۳۰ درصد رسیده است و مطابق مطالعات اولگی و ASHRAE در محدوده آسایش حرارتی قرار دارد. دلیل این اختلاف، وجود خارخانه و رطوبت حاصل از تبخیر آب پاشیده شده بر خارها می‌باشد که این ایجاد رطوبت، سبب کاهش دما و تعدیل دمای محیط و بهبود اوضاع اقلیمی شده و تأثیری بسیار مطلوب در اقلیم گرم‌وخشکی مانند منطقه سیستان دارد که این تأثیر در محیط‌های خشک و با رطوبت نسبی کم، مطلوب خواهد بود. لذا در محیط‌هایی که گرمای محسوس در آن‌ها بسیار بالاست، این سیستم به‌عنوان استراتژی غیرفعال جهت تعدیل شرایط آسایش حرارتی پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: مسکن بومی، رطوبت، خارخانه، سیستان.

\* استادیار گروه معماری، دانشگاه زابل. jdavtalab@uoz.ac.ir

\*\* استادیار گروه معماری، دانشگاه زابل.

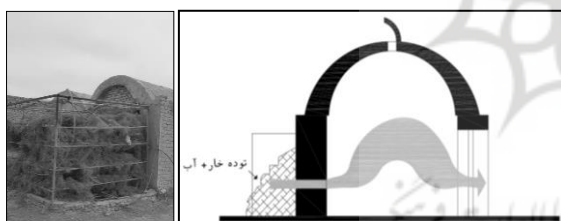
## مقدمه

بررسی ساخت‌وسازهای امروزی در حوزه معماری روستایی نشان می‌دهد که مسکن روستایی در حال الگوبرداری از مسکن شهری بوده و تنها ضوابط سازه‌ای و رعایت مقررات ملی ساختمان محور توجه قرار گرفته است و به بسیاری از جنبه‌ها از جمله مسائل اقلیمی و تهویه مطبوع طبیعی در طراحی مسکن توجهی نشده است؛ این در حالی است که یانگ و همکاران (۲۰۱۰) تأکید دارند که دیکته کردن استانداردهای شهری برای خانه‌های روستایی مناسب نیست. سرتیپی‌پور (۱۳۸۵) اشاره دارد که نیاز به تفکری جامع‌نگر در توسعه فضایی کالبدی، برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای مسکن روستایی می‌باشد. قاسم‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله خود بیان می‌دارند که الگوهای مسکن در روستاها، نیاز به ساماندهی مجدد متناسب با شرایط روز دارد. رازجویان (۱۳۷۹) خاطرنشان می‌کند که استفاده مستقیم از راه‌حل‌های گذشته برای زندگی کنونی، بدون مناسب‌سازی آنها، منطقی نیست. چمبرز (۱۳۸۷) و زندیه و حصاری (۱۳۹۱) در مطالعات خود اشاره به ترکیب دانش روستاییان و دانش علمی نوین در طراحی مسکن روستایی دارند؛ زیرا این دو از نظر قدرت و ضعف، مکمل یکدیگرند. بنابراین روشن است که طراحان باید تجارب مسکن سنتی را یاد بگیرند و روش‌ها و مصالح مناسب که منطبق با آب و هوای بومی است را در طراحی خانه‌های روستایی جدید انتخاب کنند (Liu & Liu, 2011: 8029).

در معماری بومی ایرانی همواره راهکارها و شیوه‌های در ساختمان‌ها مطرح شده است. شرایط گوناگون اقلیمی و جغرافیایی متفاوت و متغیر در پهنه این سرزمین معماران را بر آن داشته است که با اصول ابداعی خویش بهترین و مناسب‌ترین شیوه‌های تطبیق با

اقلیم و استفاده مناسب از شرایط اقلیمی را فراهم آورند. این اصول و الگوها امروزه می‌تواند با تلفیق مناسب با فناوری جدید در ساختار معماری معاصر قرار گرفته و ضمن دارا بودن هویت خاص خود، معماری به‌روز و اصطلاحاً پایداری را ایجاد کند.

معماران بومی سیستان نیز از این قاعده مستثنی نبوده و با اجرای راه‌حل‌هایی جالب و مؤثر که بعضاً در نوع خود بی‌نظیر هستند، شرایط سخت و آزاردهنده اقلیمی و آب‌وهوای خشن منطقه را مهار کرده و از این شرایط تعدیل شده به بهترین وجه در ایجاد محیطی آسوده و متعادل در سکونتگاه خود استفاده نموده‌اند (داوطلب و آذرسا، ۱۳۸۸). در این معماری به‌منظور مرطوب نمودن بادهای گرم‌و‌خشک منطقه، با تعبیه خارخانه ۱ (تصویر شماره ۱) اقدام به ایجاد تأسیسات سرمایشی نموده تا توسط برودت ناشی از تبخیر قطرات موجود در خارها، هوای داخل ساختمان خنک شود (رازجویان، ۱۳۸۸: ۶۱).



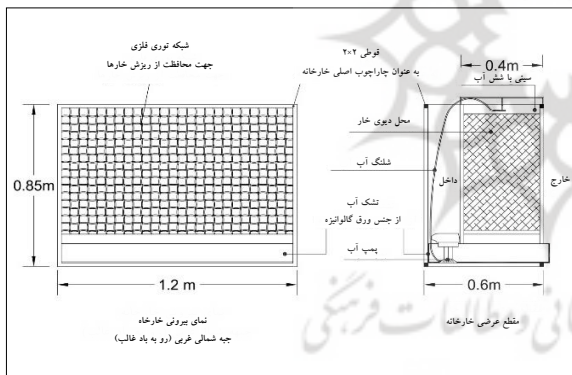
ت۱. خارخانه بومی منطقه سیستان، (مأخذ: نگارندگان).

اما در دو دهه اخیر، این منطقه به‌علت خشکسالی، دست‌خوش تغییرات اقلیمی چون گرم شدن هوا، کاهش رطوبت، افزایش سرعت باد و گردوغبار و طوفان‌های شن شده است؛ به‌طوری‌که براساس محاسبات انجام شده طبق مدل تورنث‌وایت، شهر زابل دارای بیشترین پتانسیل تبخیر و تعرق (۱۶۱۱mm) و کمترین شاخص رطوبت (۱۲۳۸-) در کشور بوده و اقلیم آن خشک می‌باشد (داوطلب، ۱۳۹۷). متأسفانه در

مبنای خارج از دو اتاق سنجیده و مقایسه می‌شود. برای درک یکپارچه داده‌ها، از پردازش به روش آمار توصیفی توسط نرم‌افزارهای EXCEL و MINITAB استفاده شده است.



ت ۲. خارخانه ابداعی نگارندگان به طول ۱۲۰، ارتفاع ۸۵ و ضخامت ۶۰ سانتی‌متر با حداقل هزینه ساخت و مصرف انرژی، برگرفته از خارخانه بومی منطقه سیستان (مأخذ: نگارندگان).



ت ۳. جزئیات اجرایی خارخانه ابداعی (مأخذ: نگارندگان).  
پیشینه موضوع

همان‌گونه که ذکر شد یکی از عناصر مؤثر در ایجاد تهویه مطبوع طبیعی در منطقه سیستان، خارخانه است. در توصیف عملکرد این خارخانه‌ها در گذشته، مطالعات زیادی صورت گرفته است. جورج پیتر تیت را شاید بتوان معتبرترین مستشار انگلیسی دانست که تشریح کامل‌تری نسبت به معماری منطقه سیستان در

این دو دهه روند ساخت‌وسازهای روستایی نیز با الگوبرداری از مسکن شهری و بدون توجه به اقلیم منطقه شکل گرفته است. این مقاله در تلاش برای احیای یکی از عناصر معماری بومی مؤثر در تهویه مطبوع طبیعی به نام خارخانه است. لذا به نظر می‌رسد با شناخت و بررسی عملکرد خارخانه‌ها و نیز تحلیل رطوبت نسبی هوای داخل در مسکن روستایی این منطقه و مناسب‌سازی آن‌ها در مسکن روستایی امروز می‌توان شرایط آسایش را بهبود بخشید.

### پرسش‌های پژوهش

- آیا احیای خارخانه به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های معماری بومی سیستان می‌تواند باعث بهبود شرایط زیستی کاربران فضاهای مسکونی شود؟  
- چگونه می‌توان با احیای خارخانه شرایط زیستی را در مسکن بومی سیستان مطبوع کرد؟

- میزان اثر رطوبتی خارخانه و بهبود شرایط محیطی حاصل از آن در فضاهای مسکونی بومی سیستان چه مقدار است؟

### روش تحقیق

روش تحقیق مورداستفاده در این مقاله، روش تحقیق کمی است؛ به این ترتیب که در راستای اهداف تحقیق و پاسخگویی به پرسش‌های مقاله مطالعات میدانی بر روی دو اتاق کاملاً مشابه به‌عنوان اتاق‌های شاهد و آزمون که در مسکن بومی به‌عنوان سلول مطرح بوده و الگوی معماری بومی سیستان است (معماریان و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۱) انتخاب شده است. برای ارزیابی میزان اثر رطوبت و دستیابی به آسایش ساکنین، یکی از اتاق‌ها (اتاق آزمون) مجهز به خارخانه ابداعی<sup>۱</sup> توسط نگارندگان (تصاویر شماره ۲ و ۳) گردیده و تحلیل‌های عددی بر روی دو اتاق صورت پذیرفته است. میزان اثر رطوبت در اتاق آزمون نسبت به اتاق شاهد و نقطه

کتاب خود ارائه داده است؛ 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 باعث خنکی بیش از حد اتاق شده بود (تیت<sup>۲</sup>، ۱۳۷۸: ۷۸۵). لندور اشاره دارد که «در طراحی ساختمان کنسولگری انگلیس در سیستان، تمهیداتی در نظر گرفته شده تا اثرات ناراحت‌کننده بادهای شمالی که در ماه‌های تابستان می‌وزند، تخفیف داده شود؛ در دیوار شمالی، چندین خارخانه، هر یک به عمق ۴ فوت در نظر گرفته شده که با بوته‌های خارشتر پُر خواهند شد» (همان: ۶۱۸-۶۱۷). داوطلب و آذرسا (۱۳۸۸) نیز اشاره دارند خارخانه‌ها عناصری هستند که جهت مقابله یا تعدیل اوضاع جوی در خانه‌های سنتی لحاظ شده‌اند. فاضل‌نیا و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله خود به وجود خارخانه‌ها در معماری بومی سیستان اشاره کرده و بیان می‌دارند در مسکن روستایی دریاچه‌هایی را در سمت شمال مسکن قرار می‌داده‌اند تا هوای لطیف و خنک وارد خانه شود؛ در تابستان‌ها نیز پشته‌ای از بوته‌های خار را مقابل دریاچه‌ها قرار می‌دادند و با ریختن آب بر روی بوته‌های خار باعث اعتدال بادهای گرم تابستان به داخل خانه‌ها می‌شدند. مولانایی و سلیمانی (۱۳۹۵) نیز در مقاله خود ضمن اشاره به خارخانه‌های سیستان و عملکرد این خارخانه‌ها بیان می‌دارند که خارخانه نه تنها برای سیستان، بلکه برای تمام مناطق کویری است و تنها نام آن تفاوت دارد. به‌طوری‌که در افغانستان همانند سیستان خارخانه، در بلوچستان احتکن<sup>۳</sup>، در کرمان یخ-دکن<sup>۴</sup> و در بندرعباس آدوربند<sup>۵</sup> گفته می‌شود. سرگزی (۱۳۹۵) در مقاله خود به خارخانه به‌عنوان سیستم سرمایشی اشاره کرده است.

درخصوص به‌روزرسانی عناصر مؤثر بر تهویه مطبوع طبیعی مطالعات اندکی صورت گرفته است. اکرمی و

همکاران (۱۳۹۱) در مقاله خود ضمن بررسی کیفی و کمی انواع سیستم‌های برودتی رایج در بناهای مسکونی روستای خور که دارای اقلیم مشابه سیستان است، 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 و طرحی پیشنهادی ارائه نموده‌اند که ضمن حفظ بافت بومی روستا باعث کاهش دما و خنک کردن مسکن روستایی شود. اکرمی و واعظ معروفی (۱۳۸۷) نیز بیان می‌دارند که کم کردن نواقص سیستم‌های قدیمی تنها فایده ترکیب کردن سیستم‌های قدیمی و جدید نیست. به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اثرات جانبی برای این‌گونه ترکیبات می‌توان به حفظ بافت اصیل و با هویت روستاهای منطقه سیستان اشاره کرد که با این دست اقدامات دستخوش تغییرات ناخواسته و به‌دوراز تدبیر نمی‌گردد. دهقانی و آقانهجفی (۱۳۸۳) در مقاله خود با عنوان «بررسی تجربی کارایی دو طرح جدید بادگیر و مقایسه آن‌ها با بادگیرهای سنتی»، برای رفع معایب و محدودیت‌های بادگیرهای قدیمی در یزد، طرح‌های جدیدی را به‌نام بادگیر با ستون خیس‌شونده و بادگیر با سطوح خیس‌شونده ارائه داده‌اند که هدف آن‌ها کاهش دما و ایجاد تهویه طبیعی مطبوع ضمن حفظ بافت اصیل بومی آن منطقه بوده است. روف<sup>۶</sup> (۱۳۹۲) اشاره دارد که مصریان جهت خنک کردن زیرزمین‌ها در بعدازظهر از انرژی طبیعی باد استفاده می‌کرده‌اند. آنان کوزه بی‌لغابی را پر از آب کرده و در تنوره بادگیر می‌آویزند. زیر این کوزه نیز شبکه‌ای بوده که بر آن ذغال نهاده‌اند. باد از کوزه تراوا و ذغال‌ها می‌گذشته و خنک

مجموعه اقامتی بوم گردی واقع در مجتمع آموزشی - تحقیقاتی دانشگاه زابل جهت انجام کار میدانی تعیین شده است. همچنین محل دقیق ایستگاه‌های اندازه‌گیری براساس ضوابط حاکم، چه داخل فضای مسکونی و چه در خارج آن تعیین و معرفی شده‌اند. در پایان تمامی داده‌ها جمع‌آوری، پردازش و تحلیل شده‌اند.

### مبانی، روش و ابزار اندازه‌گیری رطوبت نسبی

به لحاظ زمانی، با توجه به شرایط خاص اقلیمی منطقه سیستان و وزش بادهای موسمی ۱۲۰ روزه در ایام تابستان، همچنین نیاز به تهویه مطبوع و خنک کردن هوا در فصل گرما در این منطقه که گاه‌ها به بالای شش‌ماه از سال می‌رسد، اندازه‌گیری در ۴ روز از ایام گرم تیرماه ۱۳۹۸ و با فواصل زمانی ۳ ساعته (تقوایی و همکاران، ۱۳۹۴)، در ساعت‌های ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱ و ۲۴ انجام گرفت. پارامتر رطوبت هوا که به‌طور مستقیم بر شرایط آسایش حرارتی محیط اثرگذار می‌باشد در هر یک از نقاط تعیین شده برداشت شد. ابزار اندازه‌گیری رطوبت نسبی در این تحقیق دستگاه WBGT8778 است که در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین<sup>۱</sup> (پوردییمی، ۱۳۹۰) در نقطه مبنا در فضای باز بیرونی و اتاق‌های شاهد و آزمون نصب گردیده است.

### مطالعه مورد تحقیق

شهرستان زهک با طول جغرافیایی  $61^{\circ}/71'$  و عرض جغرافیایی  $30^{\circ}/84'$  و مساحت ۹۴۵ کیلومتر مربع در شمال استان سیستان و بلوچستان و در بخش شرقی منطقه سیستان قرار دارد (تصویر شماره ۴). این شهرستان از شمال به شهرستان هیرمند، از غرب به شهرستان زابل و از سمت شرق و جنوب به کشور افغانستان محدود می‌گردد (اصغری لقمجانی و معصومی جشنی، ۱۳۹۵). در این منطقه به‌طور متوسط سالیانه بیش از ۳۰۰ روز خشکی وجود دارد. از

و مرطوب و پاکیزه وارد اتاق می‌شده است. فتحی (۱۳۸۲) در کتاب خود با عنوان ساختمان‌سازی با مردم راهکارهای جدیدی نیز با توجه به شرایط جدید برای ساخت بناها ارائه داده است که با توجه به شباهت بافت روستایی مصر و منطقه سیستان، می‌تواند راهنمای مناسبی جهت بهینه‌سازی مسکن روستایی در منطقه سیستان باشد. وی همچنین به تجزیه و تحلیل بادگیرهایی که در گذشته در مصر مورد استفاده قرار می‌گرفته، پرداخته تا بتواند آن‌ها را با خانه‌های جدید سازگار نماید؛ لذا بادگیری طراحی کرده که با قطعاتی از خار یا هر مصالح متخلخل دیگر از قبیل زغال چوب یا تکه‌های شکسته شده سفال در قالب‌هایی بین دولایه توری سیمی، رطوبت را حفظ کرده و هوا به وسیله تبخیر خنک می‌کند (Pyla, 2007:31).

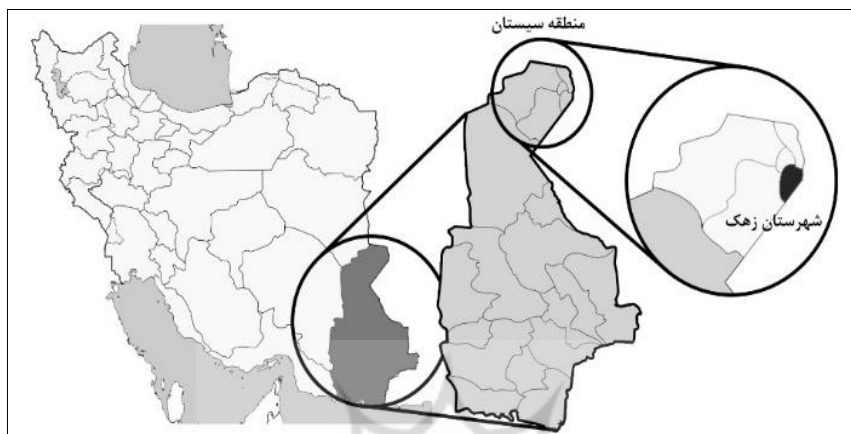
مطالعات انجام شده پیرامون موضوع تحقیق حاکی از آن است که تحقیق جامع و کمی همراه با بررسی تحلیلی - عددی در مورد میزان کارایی و به‌روزرسانی خارخانه‌های بومی منطقه سیستان صورت نگرفته است؛ لذا نگارندگان درصدد بررسی و تحلیل میزان اثر رطوبتی خارخانه برای بهبود شرایط آسایش ساکنین برآمدند تا شاید بتوان گامی مؤثر در این زمینه برداشت.

### بحث و نتایج آنالیز

با توجه به پرسش‌ها و اهداف این پژوهش و بر مبنای ساختار اصلی روش تحقیق شرح داده شده، تحقیق حاضر در قالب مطالعات میدانی بر روی خارخانه تصاویر شماره ۲ و ۳ این مقاله کار خواهد کرد. در ابتدا مبانی و روش‌های اندازه‌گیری متغیر رطوبت نسبی بیان شده و پس از آن ابزار موردنیاز جهت اندازه‌گیری این پارامتر مورد شناسایی قرار گرفته است. در ادامه، نمونه‌های مطالعه موردی فضای مسکونی دارای خارخانه و فضای بدون خارخانه در سیستان با ذکر دلایل لازم در

سالیانه ۶۴ میلی‌متر با پراکندگی نامناسب و رطوبت بسیار کم هوا، بالا بودن دما و تعداد ساعات آفتابی (طاوسی و رئیس پور، ۱۳۸۹) و تبخیر سالانه ۵۰۰۰-۴۰۰۰ میلی‌متر (میرلطفی و همکاران، ۱۳۹۱) اشاره کرد.

خصوصیات مهم اقلیمی این منطقه می‌توان به وزش بادهای شدید (۱۲۰ روزه سیستان)، میانگین تعداد روزهای آفتابی سالیانه بیش از ۲۶۰ روز تابش آفتاب، دامنه تغییرات زیاد دما در شبانه روز، بارندگی متوسط



ت ۴. موقعیت جغرافیایی شهرستان زهک در استان سیستان و بلوچستان (مأخذ: نگارندگان).

پایدار خواهد بود. این مجموعه دارای تعداد زیادی اتاق بومی می‌باشد که روش ساخت آن مشابه خانه‌های بومی روستایی به صورت خشت و گلی بوده و از عناصر اقلیمی بومی منطقه در ساخت مجموعه استفاده گردیده است (تصویر شماره ۵).

#### تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

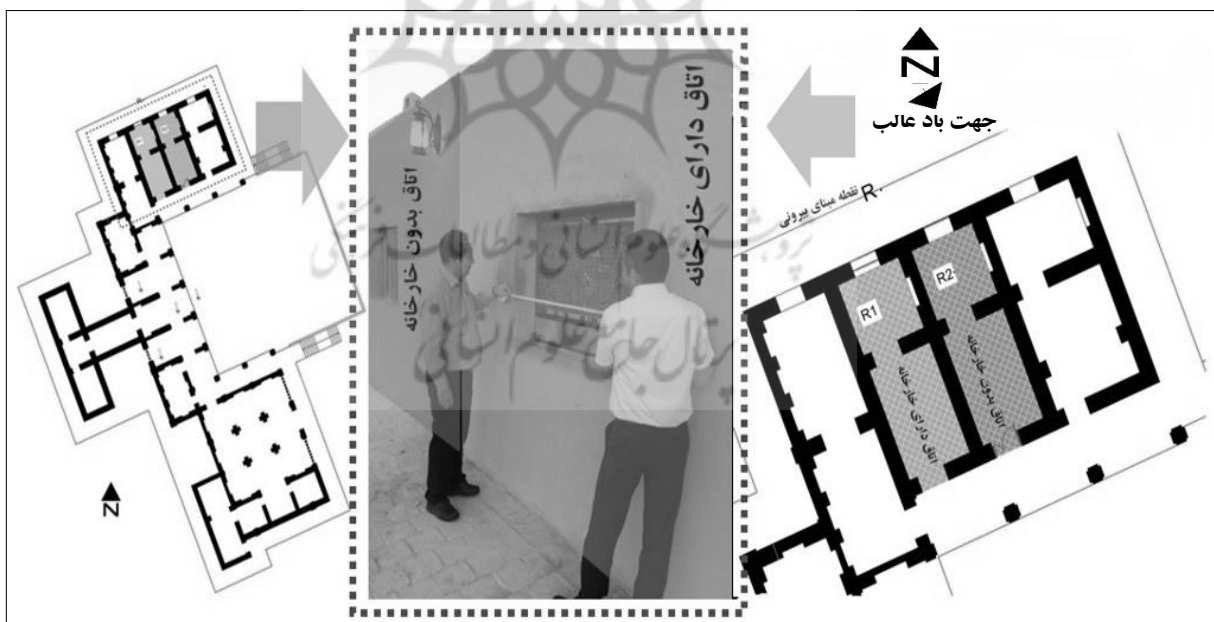
با توجه به هدف تحقیق که شناخت اثر رطوبتی خارخانه بر فضای داخل مسکن روستایی سیستان و میزان بهینه‌سازی آن جهت نزدیک شدن به شرایط آسایش حرارتی می‌باشد و به منظور امکان سنجش و مقایسه، سه نقطه R (در ۲ متری جبهه شمالی بنای مورد مطالعه جهت ثبت وضعیت رطوبت نسبی هوای فضای باز)، R1 (به عنوان آزمون در اتاقی دارای خارخانه) و R2 (به عنوان شاهد در اتاقی کاملاً مشابه اتاق آزمون از نظر فرم، ابعاد و مصالح، اما بدون وجود خارخانه) به عنوان ایستگاه‌های اندازه‌گیری در نظر

بستر مطالعاتی طرح در محدوده اراضی مجتمع بقیه‌الله اعظم (عج) دانشگاه زابل واقع در شهرستان زهک قرار گرفته است. در این محدوده مجموعه‌ای کاملاً بومی با الهام از مسکن روستایی منطقه سیستان تحت عنوان مرکز تحقیقات بوم‌گردی احداث گردیده است. یکی از اهداف احداث این مجموعه، احیای رازهای معماری بومی منطقه سیستان می‌باشد. با توجه به شرایط اقلیمی خاص منطقه و عدم توجه به اصول اقلیمی در ساخت وسازهای اخیر و الگو برداری از مسکن شهری در معماری روستایی امروز، نیاز به ساماندهی مجدد متناسب با شرایط روز احساس می‌شد؛ لذا این مجموعه آزمایشگاه مناسبی برای انجام مطالعات معماری روستایی منطقه سیستان است. بدیهی است نتایج این آزمایشات قابل بسط و توسعه در معماری نقاط مختلف سیستان بوده و گامی مهم جهت حل مشکلات منطقه در حوزه مسکن روستایی و در راستای اهداف توسعه

گرفته شدند (تصویر شماره ۶). لازم به ذکر است که ابعاد و موقعیت بازشوهای دو اتاق کاملاً یکسان بوده و خارخانه ابداعی در بازشوی جبهه شمالی اتاق آزمون به ابعاد ۸۵\*۱۲۰ سانتی متر قرار گرفته است.



ت ۵. موقعیت مرکز تحقیقات بوم گردی (سایت مورد مطالعه) واقع در مجتمع بقیه اله اعظم (عج) دانشگاه زابل، مأخذ: نگارندگان.



ت ۶. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در مجموعه مرکز تحقیقات بوم گردی (مأخذ: نگارندگان).

متغیر رطوبت نسبی هوا در هر یک از ایستگاه‌های فوق در ایام و ساعات تعیین شده برداشت گردید که میانگین داده‌های به دست آمده در جدول ۱ مشاهده می‌شود. همچنین میانگین رطوبت نسبی روزانه هر یک از ایستگاه‌های سه گانه در ایام و ساعات برداشت شده محاسبه و در جدول ۲ ارائه شده است.

ایستگاه اندازه‌گیری	ساعت ۶	ساعت ۹	ساعت ۱۲	ساعت ۱۵	ساعت ۱۸	ساعت ۲۱	ساعت ۲۴
R	20.00	12.95	8.23	7.00	7.08	13.88	16.78
R1	38.48	34.10	31.03	28.55	27.98	27.43	33.48
R2	19.78	13.90	8.23	6.88	8.13	12.60	14.90

ج ۱. میانگین رطوبت نسبی هوای روزهای اندازه‌گیری شده به تفکیک زمان و مکان.

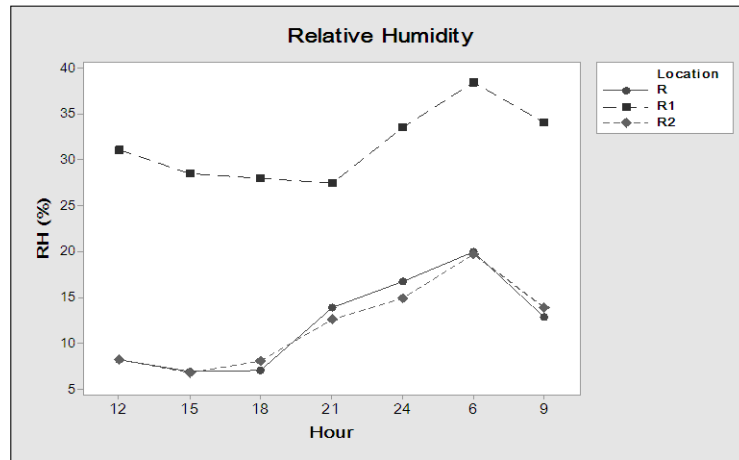
ایستگاه اندازه‌گیری	میانگین رطوبت نسبی روزانه
R	12.27
R1	31.58
R2	12.06

ج ۲. میانگین رطوبت نسبی هوای روزهای اندازه‌گیری شده طی روز در ایستگاه‌های سه گانه.

(جدول شماره ۲)، رطوبت نسبی هوای اتاق بدون خارخانه ۰/۲۱ درصد از رطوبت نسبی فضای باز بیرون پایین تر است؛ درحالی‌که رطوبت نسبی اتاق دارای خارخانه اختلاف فاحشی (حداقل ۱۹ درصد بیشتر) با دو ایستگاه دیگر دارد که دلیل آن وجود خارخانه و رطوبت حاصل از تبخیر آب پاشیده شده بر خارها می‌باشد؛ و این خود باعث تعدیل شرایط دمایی و آسایش حرارتی افراد ساکن در فضای دارای این سیستم بومی خنک‌کننده می‌شود. لذا از آنجاکه در محیط‌های ساختمانی عمدتاً آب وجود ندارد و در نتیجه میزان گرمای محسوس در آن‌ها بسیار بالاست، این سیستم به‌عنوان استراتژی غیرفعال کاهش استرس حرارتی که باعث ایجاد رطوبت (برای افزایش گرمای نامحسوس و کاهش گرمای محسوس) و اثر خنک‌کنندگی فضا می‌شود پیشنهاد می‌گردد.

طبق مقایسه ساعتی رطوبت نسبی هوا در ایستگاه‌های برداشت شده (جدول شماره ۱ و تصویر شماره ۷)، رطوبت نسبی هوای ایستگاه واقع در فضای باز (R) تقریباً در تمام اوقات شبانه‌روز با رطوبت نسبی هوای اتاق بدون خارخانه (R2) برابر است؛ درحالی‌که اتاق دارای خارخانه (R1) در تمام اوقات شبانه‌روز رطوبت نسبی بسیار بالاتری نسبت به دو ایستگاه دیگر دارد. این میزان تفاوت در ساعات اوج گرما (۱۲ بعدازظهر و ۳ عصر) به بیشترین حد خود می‌رسد (حدود ۲۳ درصد بیشتر) که این اختلاف عدد قابل توجهی است و در ساعات بسیار داغ بعدازظهرهای منطقه سیستان می‌تواند به جذب گرما و ذخیره آن به‌عنوان دمای نهان و بهبود دمای هوا در فضای داخل کمک نماید. این در حالی است که به‌طورکلی و براساس تحلیل میانگین رطوبت نسبی روزانه هوا در ایستگاه‌های سه‌گانه برداشت شده





ت ۷. تغییرات ساعتی رطوبت هوا در ایستگاه‌های سه گانه (R1: اتاق دارای خارخانه، R2: اتاق بدون خارخانه و R: فضای بیرونی).

مؤثر دانسته است و در این زمینه به دو محدوده رطوبتی اولگی و (ASHRAE 2001) استناد می‌کند. براساس پیشنهاد اولگی، محدوده رطوبت نسبی مناسب ۶۵٪-۳۰٪ و براساس مقادیر مندرج در ASHRAE این محدوده ۸۰٪-۲۰٪ است (رضایی حریری و فیاض، ۱۳۸۰:۱۶). بنابراین با یک مقایسه ساده مشخص است که ایجاد خارخانه با ابعاد و ویژگی‌های مورد بحث این مقاله باعث شده است که رطوبت نسبی فضای داخل مسکن از عدد ۱۲ درصد در فضای بدون خارخانه به بالای ۳۰ درصد برسد و طبق مطالعات اولگی و ASHRAE در محدوده آسایش حرارتی قرار بگیرد.

#### نتیجه

در اقلیم‌های کویری همچون منطقه سیستان، رطوبت پایین و بادهای روزانه آن سبب احساس گرمای بیش از حد و در نتیجه ناراحتی، حتی در فضای بسته می‌شود و پوست بدن به‌طور معمول خشک بوده و به دلیل خشکی هوا در روی پوست احساس سوزش می‌شود. معماران بومی سیستان در گذشته به‌منظور مرطوب نمودن بادهای گرم و خشک منطقه، با تعبیه

البته مقدار اثر خنک‌کنندگی خارخانه به عوامل متعددی از جمله تراکم خارها، سطح خارخانه، تازگی یا خشک بودن خارها، میزان خیس بودن خارها و عوامل سایکرومتریکی 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.

برای درک اثر این میزان افزایش رطوبت نسبی و اینکه رطوبت نسبی حاصل ایجاد خارخانه چه کمکی به وضعیت آسایش حرارتی می‌کند لازم است که با اطلاعات بالادست مقایسه گردد. طبق تحقیقات گیونی و فانگر، متغیرهای محیطی که تعیین کننده شرایط آسایش حرارتی هستند شامل دمای هوا، میانگین دمای تابشی، سرعت باد و رطوبت هوا می‌باشند؛ بنابراین با تغییر هر یک از این متغیرها چه به‌طور مجزا و چه هم‌زمان، شرایط آسایش حرارتی دچار تغییر می‌شود (Fanger, 1972; Givoni, 1976); همچنین سرگز (۱۳۹۵: ۲۱) جهت تعیین محدوده آسایش حرارتی منطقه سیستان، میزان رطوبت نسبی هوا را علاوه بر دما بسیار

خارخانه اقدام به ایجاد تأسیسات سرمایشی نموده‌اند و توسط برودت ناشی از تبخیر قطرات موجود در خارها، هوای داخل ساختمان را خنک می‌کرده‌اند؛ این در حالی است که این نوع مهارت‌ها در معماری امروز منطقه به فراموشی سپرده شده است و بعضاً معماران نیز از میزان اثر آن‌ها مطلع نیستند. لذا این مقاله با هدف شناخت و بررسی عملکرد خارخانه‌ها و نیز تحلیل رطوبت نسبی هوای داخل در مسکن بومی این منطقه و مناسب‌سازی آن‌ها در مسکن روستایی امروز سیستان گام برداشته است. در راستای اهداف فوق و پاسخگویی به پرسش‌های مقاله، مطالعات میدانی بر روی دو اتاق کاملاً مشابه یکی دارای خارخانه به‌عنوان آزمون و یکی بدون خارخانه به‌عنوان شاهد در مسکن بومی سیستان انجام پذیرفت. میزان اثر رطوبت در اتاق آزمون نسبت به اتاق شاهد و نقطه مبنای خارج از دو اتاق سنجیده و مقایسه شد. همچنین برای فهم و درک یکپارچه داده‌ها از پردازش با استفاده از روش آمار توصیفی توسط نرم‌افزارهای EXCEL و MINITAB استفاده شد.

طبق نتایج تحلیل داده‌ها، به‌طورکلی و براساس میانگین رطوبت نسبی روزانه هوا در ایستگاه‌های سه‌گانه برداشت شده، رطوبت نسبی هوای اتاق بدون خارخانه تقریباً با رطوبت نسبی فضای باز بیرون برابر است؛ درحالی‌که رطوبت نسبی اتاق دارای خارخانه اختلاف فاحشی با دو ایستگاه دیگر دارد و از عدد ۱۲ درصد در فضای بدون خارخانه به بالای ۳۰ درصد رسیده است و طبق مطالعات اولگی و ASHRAE در محدوده آسایش حرارتی قرار دارد. دلیل این اختلاف وجود خارخانه و رطوبت حاصل از تبخیر آب پاشیده‌شده بر خارها می‌باشد که این ایجاد رطوبت سبب کاهش دما و باعث تعدیل محیط و بهبود اوضاع اقلیمی شده و تأثیری بسیار مطلوب در اقلیم گرم‌وخشکی مانند

منطقه سیستان دارد. لذا در محیط‌هایی که گرمای محسوس در آن‌ها بسیار بالاست، این سیستم به‌عنوان استراتژی غیرفعال جهت تعدیل شرایط آسایش حرارتی پیشنهاد می‌گردد.

### پی‌نوشت

۱. خارخانه: از عناصر مهم تهویه مطبوع طبیعی در منطقه سیستان است که با انباشتن خار در روزنه‌های دیوار جبهه شمال غرب مسکن بومی (جهت باد غالب منطقه) و پاشیدن آب بر روی خارها عملکردی مانند کولر آبی داشته و باعث کاهش قابل توجه دمای هوا می‌شود.  
۲. این خارخانه از لحاظ مشخصات دارای ابعاد (۶۰\*۸۵\*۱۲۰) سانتی‌متر می‌باشد که در داخل پنجره اتاقی ساخته شده به سبک بومی قرار گرفته است. چارچوب اصلی خارخانه از قوطی فلزی (۲\*۲) سانتی‌متر ساخته شده و یک تشتک آب در پایین آن قرار گرفته است. درون تشتک، پمپ آبی با مصرف کم برق و آب - به میزان کم‌تر از کولر آبی - وجود دارد که آب داخل تشتک را به بالا انتقال می‌دهد. در بالای تشتک، محفظه قرار دادن خارهایی با تراکم بالا قرار دارد که با توجه به باز بودن سطح فوقانی آن، خارها پس از مدت زمان ۲ الی ۳ ماه (زمان خشک‌شدن کامل خار) قابل تعویض می‌باشد. این خارخانه جهت سرویس و نظافت به‌صورت کشویی می‌تواند از محل خود بیرون آید.

3. Tate.

4. Ahtekan.

5. Yaxdekan.

6. Adorband.

7. Roaf.

۸. این ارتفاع در بازه تعیین‌شده از طرف سازمان هواشناسی جهانی (World Meteorological Organization) که نصب سنسورها را به‌دلیل کاهش اثر تابش خورشید، بازتابش سطح زمین و اجسام پیرامون در دمای اندازه‌گیری شده، در محدوده ارتفاعی ۲-۱/۲۵ متر از سطح زمین مشخص نموده است (Chartered Institution of Building Services Engineers, 2002)، قرار دارد.

### فهرست منابع

- اصغری لقمجانی، صادق؛ معصومی جشنی، مهدی. (۱۳۹۵)، ارزیابی کیفیت اجرای طرح‌های هادی و اثرات آن‌ها در روستاهای مرزی (مطالعه موردی: شهرستان زهک). فصلنامه علمی - پژوهشی جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)،

شماره ۱، صص ۱۸۷-۱۶۹.

- اکرمی، غلامرضا؛ واعظ معروفی، مهناز. (۱۳۸۷)، طراحی اقلیمی: الگوی خانه در روستای خور، نشریه دانشکده معماری دانشگاه تهران، پردیس هنرهای زیبا، شماره ۱، صص ۳-۱.
- اکرمی، غلامرضا؛ یارمحمدی، هومن؛ داهی، سارا. (۱۳۹۱)، بررسی کیفی و کمی انواع سیستم های برودتی رایج در بناهای مسکونی روستایی، مطالعه موردی: روستای خور، فصلنامه مسکن و محیط روستا، شماره ۱۳۹، صص ۵۰-۳۳.
- پوردیهیمی، شهرام. (۱۳۹۰)، زبان اقلیمی در طراحی محیطی پایدار. جلد ۱ و ۲، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- تقوایی، سیدحسن؛ طاهباز، منصوره؛ متقی پیشه، سمانه. (۱۳۹۴)، نقش سایه در باغ ایرانی، بررسی وضعیت آسایش اقلیمی در باغ جهان نما و باغ دلگشا. مطالعات معماری ایران، شماره ۷، صص ۵۶-۳۵.
- تیت، جورج پیتر. (۱۳۸۷)، مجموعه جغرافیای تاریخی سیستان، ترجمه و تدوین: حسن احمدی، نشر مؤلف، چاپ اول، تهران.
- چمبرز، رابرت. (۱۳۸۷)، توسعه روستایی اولویت بخشی به فقرای روستایی، ترجمه مصطفی ازکیا، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، تهران.
- داوطلب، جمشید، اثر پوشش گیاهی بر شرایط آسایش حرارتی فضای باز شهری؛ مطالعه موردی: منطقه سیستان، پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۳۹۷.
- داوطلب، جمشید؛ آرسا، ساناز. (۱۳۸۸)، «الگوی مسکن روستایی سیستان با تأکید بر معماری بومی»، اولین کنفرانس ملی مسکن و توسعه کالبدی روستا، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.
- دهقانی، علیرضا؛ آقاجفی، سیروس. (۱۳۸۳)، بررسی تجربی کارایی دو طرح جدید بادگیر و مقایسه آنها با بادگیرهای سنتی، نشریه انرژی ایران، شماره ۲۱، صص ۲۶-۱۴.
- رازجویان، محمود. (۱۳۸۸)، آسایش به وسیله معماری همساز با اقلیم، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- رازجویان، محمود. (۱۳۷۹)، آسایش در پناه باد، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، چاپ اول، تهران.
- رضایی حریری، محمدتقی؛ فیاض، ریما. (۱۳۹۲)، محدوده

آسایش حرارتی در تهران، محیط شناسی، شماره ۲۸، صص ۱۷-۱۳.

- روف، سوزان. (۱۳۹۲)، معماری و آبادانی بیابان (بناهایی برای زیستن در فلات ایران، فصل مربوط به بادگیر)، انتشارات روزنه، چاپ اول، تهران.
- زندیه، مهدی؛ حصاری، پدرام. (۱۳۹۱)، تداوم معماری مسکن روستایی با انگیزه توسعه پایدار روستایی، مسکن و محیط روستا، شماره ۱۳۸، صص ۷۲-۶۳.
- سرتیپی پور، محسن. (۱۳۸۵)، مسکن روستایی در برنامه های توسعه، مجله هنرهای زیبا، شماره ۲۷، صص ۵۶-۴۷.
- سرگزی، محمدعلی. (۱۳۹۵)، تأثیر محدوده آسایش حرارتی بر طراحی معماری منطقه سیستان، جغرافیا و آمایش شهری- منطقه ای، شماره ۱۹، صص ۲۶-۱۷.
- طاوسی، تقی؛ رئیس پور، کوهزاد. (۱۳۸۹)، تحلیل آماری و پیش بینی احتمال وقوع طوفان های شدید با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سری های جزئی (مطالعه موردی: منطقه سیستان)، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره ۲، صص ۱۰۵-۹۳.
- فاضل نیا، غریب؛ کیانی، اکبر؛ خسروی، محمدعلی؛ بندانی، میثم. (۱۳۹۰)، بررسی انطباق الگوی بومی توسعه کالبدی - فیزیکی روستای تمبکاء شهرستان زابل با جهت حرکت طوفان های شن و ماسه، مسکن و محیط روستا، شماره ۱۳۶، صص ۱۶-۳.
- فتحی، حسن. (۱۳۸۲)، ساختمان سازی با مردم، ترجمه علی اشرفی، نشر دانشگاه هنر، چاپ دوم، تهران.
- قاسم زاده، مسعود؛ کاری، بهروز؛ طهماسبی، فرهنگ. (۱۳۸۹)، مسکن روستایی و ضوابط صرفه جویی در مصرف انرژی، فصلنامه مسکن و محیط روستا، شماره ۱۳۱، صص ۶۰-۵۱.
- معاریان، غلامحسین؛ محمدمرادی، اصغر؛ حسینعلی پور، سیدمصطفی؛ حیدری، ابوالفضل. (۱۳۹۶)، تحلیل رفتار باد در تهیه طبعی مسکن بومی روستای قلعه نوی سیستان به کمک CFD، فصلنامه مسکن و محیط روستا، شماره ۱۵۷، صص ۳۶-۲۱.
- مولانایی، صلاح الدین؛ و سلیمانی، سارا. (۱۳۹۵)، عناصر بارزش معماری بومی منطقه سیستان بر مبنای مؤلفه های اقلیمی

معماری پایدار، باغ نظر، شماره ۴۱، صص ۶۶-۵۷.  
 - میرلطفی، محمودرضا؛ توکلی، مرتضی؛ بندانی، میثم. (۱۳۹۱)،  
 بررسی تطبیقی وضعیت استقرار جهات جغرافیایی مسکن  
 روستایی و مصرف انرژی در منطقه سیستان، فصلنامه مسکن و  
 محیط روستا، شماره ۱۳۸، صص ۵۲-۳۹.

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

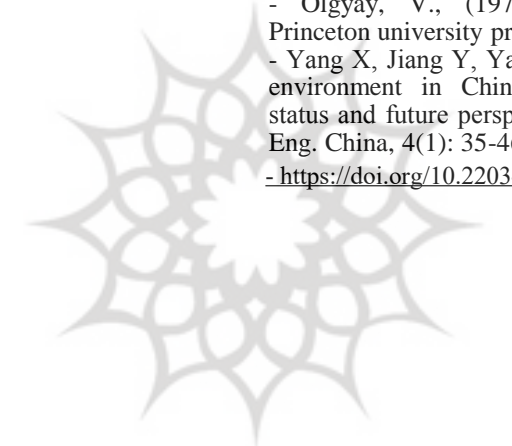
- Liu Jinghua, Liu Jiaping., (2011). A Study on Sustainable Design Strategies for Rural Housing in Yinchuan Region, Renewable energy Technology Development of Rural Housing in Ningxia Region, pp: ۸۰۲۹-۸۰۳۱.

- Pyla, Panayiota I., (2007). Hassan Fathy Revisited Postwar Discourses on Science, Development, and Vernacular Architecture, Journal of Architectural Education, pp: 28-39.

- Olgyay, V., (1973). Design with Climate, Princeton university press, USA.

- Yang X, Jiang Y, Yang M, Shan M, "Energy and environment in Chinese rural housing: Current status and future perspective", Front Energy Power Eng. China, 4(1): 35-46, (2010).

- <https://doi.org/10.22034/39.169.89>



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
 رتال جامع علوم انسانی