فصلنامه معماری سبز
سال نهم، شماره ۶ (پیاپی: ۳۷)، زمستان ۱۴۰۲
ISSN:2476-5368

نقش مولفه‌های پایداری زیست محیطی در طراحی خانه‌های سنتی شهر اصفهان؛ نمونه موردی: خانه مشروطیت اصفهان

محسن اورعی[۱]، نرگس سلطانی[۲]، رامتین مرتهب[۳]*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۹
کد مقاله: ۷۶۹۵۴

چکـیده

پایداری زیست محیطی به عنوان رویکردی که آینده زمین را در بر می گیرد بسیار با اهمیت و ضروری است. در حوزه معماری، گروه ساختمان ها ۷۰ درصد انرژی را مصرف می کنند که نسبت به آمارهای جهانی مرتبط با مصرف انرژی، درصد بسیار بالایی را شامل می شود. بنابراین اگر به این موضوع توجه کافی نگردد، آینده زمین بیشتر به خطر می افتد. یکی از رویکرد های پایداری زیست محیطی، همسو با مدیریت مصرف انرژی، بهره گیری از پاسخ های غیر فعال مبتنی بر راهکار های طراحی اقلیمی می باشد که به نظر می رسد در معماری بومی تمام مناطق ایران به این نکته توجه شده است. سامانه هایی که امروزه تحت عنوان سامانه های غیر فعال شناخته می شود در راستای بهره گیری از گرمایش یا سرمایش از طریق انرژی های تجدید پذیر مورد استفاده قرار می گرفته است. هدف از این پژوهش شناخت مولفه هایی از پایداری زیست محیطی است که در معماری سنتی اقلیم اصفهان مورد توجه بوده است. روش تحقیق در این پژوهش به لحاظ هدف، کاربردی، از نظر ماهیت کیفی و از نظر روش توصیفی-تحلیلی است. راهبرد اصلی این مقاله تحلیل نمونه موردی خانه مشروطیت، مربوط به دوره قاجار، واقع شده در خیابان نشاط در مرکز اصفهان می باشد. روش گردآوری مطالب از طریق مشاهدات میدانی، استفاده از مدارک فنی و تحلیل متون از کتب مرتبط صورت گرفته است. نتایج نشان می دهد که برخی از مولفه های پایداری زیست محیطی مبتنی بر طراحی اقلیمی تحت عنوان سامانه های غیر فعال از جمله حفاظت از انرژی، صرفه جویی در مصرف انرژی و هماهنگی با اقلیم در خانه مورد مطالعه وجود دارد.

واژگـان کلـیدی: پایداری زیست محیطی، مدیریت انرژی، طراحی اقلیمی، اقلیم گرم و خشک، خانه مشروطیت اصفهان

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، گروه معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی
۲- عضو هیئت علمی، گروه معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی
۳- استادیار و عضو هیئت علمی، گروه معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید اشرفی اصفهانی (نویسنده مسئول)
Ramtin.Mortaheb@ut.ac.ir

۱- مقدمه

یکی از مهم ترین مسائل امروز در سطح جهان مسئله مصرف انرژی در ساختمان ها است . ساختمان ها به عنوان بخش جدایی ناپذیر زندگی انسان ، بخش بسیار بزرگی از مصرف انرژی (۷۰ درصد) را به خود اختصاص می دهند . دلیل اهمیت به این مسئله ، بحران انرژی و مسائل زیست محیطی مانند سوراخ شدن لایه ازن ، ذوب شدن یخ های قطبی و در نتیجه بالا آمدن سطح آب دریا است . بحران انرژی ، آلودگی محیط زیست ، پدیده گرم شدن کره زمین و جزیره گرمایی شهر های بزرگ از مسائل قرن حاضر در سراسر دنیا محسوب می شود که همه این ها موجب می شود که انرژی زیاد صرف گرم و خنک کردن فضا ها شود ، که باید به نوعی با استفاده معقول از منابع طبیعی و مدیریت مناسب مصرف انرژی به حفظ منابع طبیعی محدود کمک کنیم و مصرف انرژی را کاهش دهیم (صدر خردمند، ۱۴۰۰: ۳۵) . جامعه ، ناگزیر باید تاثیرات تخریب زیست محیطی و آسیب های اقتصادی و مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیمی را تحمل کند . آسیب های اقتصادی ناشی از بلایای زیست محیطی ، فقط طی سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ به نسبت آنچه میان سال های ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰ رخ داده ، ۴۰٪ افزایش داشته است (باوئر و موسله، ۱۳۹۷: ۴) امروزه بیش از هشتاد درصد مصرف انرژی تجاری جهان از سوخت های فسیلی تجدیدناپذیری چون نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ تأمین می شود که به صورت پیوسته درحال کاهش هستند (Meadows et al، ۲۰۰۴). قیمت سوخت های فسیلی به تدریج افزایش می یابد ، همان طور که در دهه های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ و اواخر سال ۲۰۰۴ افزایش زیادی یافت و استفاده غیر عادی از منابع گاز و نفت ممکن است افزایش بیشتر قیمت را در پی داشته باشد (صدر خردمند، ۱۴۰۰: ۲۸) . ایران با داشتن ۱ درصد از جمعیت جهان در حدود ۹ درصد از فرآورده های نفتی دنیا را مصرف میکند . رشد مصرف انرژی در ایران در یک دوره شانزده ساله به طور متوسط سالیانه ۵٫۸ درصد بوده است در حالی که متوسط رشد مصرف انرژی در جهان ۱۵ درصد در یک دوره ۱۰ ساله بوده است و این موضوع به معنی رشد ۸۱ درصدی مصرف انرژی در ایران در شانزده سال است (صدر خردمند، ۱۴۰۰: ۳۲) . مقایسه وضعیت انرژی ایران در سال ۹۹ با ارقام مشابه در سال ۹۱ نشان می دهد که کل مصرف نهایی انرژی از ۱۰۵۸٫۶ به ۱۶۵۷٫۳ میلیون بشکه معادل نفت خام افزایش یافته است (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۹) . معماری سنتی ایران دارای پشتوانه ای قوی و پر بار از جنبه های گوناگون پایداری ، هنر و فرهنگ ایرانی است و خود سهم و ارزش ویژه ای را از این هنر و فرهنگ نمایش میدهد (ملت پرست، ۱۳۸۸) . در معماری سنتی ایران ، پاسخ به بسیاری از نیاز های امروزه بشر را می توان یافت کرد . نیاز های سکونتی مردم در شهر ها و به خصوص شهر های سنتی ، امروزه به گونه ای مستقل و بدون شناسایی تاثیرات جانبی آن خصوصاً بر محیط زیست بر آورده میگردد(پاکزاد، ۱۳۸۶: ۶۹) . این در حالی است که ما در معماری گذشته ، احترام به محیط زیست و همین طور راه حل های اقلیمی فراوانی را مشاهده می شود. اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی بعد از تهران و مشهد سومین شهر بزرگ ایران است(https://isfahan.ir/). اصفهان همانند برخی از کلان شهر های دیگر ایران در تابستان با مشکل پدیده جزیره حرارتی و زمستان با مشکل وارونگی هوا و آلودگی های زیست محیطی حاصل از آلودگی ایجاد شده توسط کارخانه ها و شهرک های صنعتی اطراف مقابله می کند . میزان شاخص آلودگی هوا [1] بر اساس اطلاعات ایستگاه های سنجش آلودگی هوای شهر اصفهان تعداد روز های با هوای سالم از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ ، ۹۶/۳۰ در صد کاهش و تعداد روز های ناسالم برای عموم ۲۷۱/۴۳ درصد افزایش یافته است(آمارنامه شهر اصفهان، ۱۴۰۰: ۳۳) که این افزایش تعداد روز های آلوده در صورت عدم پیشگیری در سال های آینده نیز ادامه خواهند داشت. در معماری سنتی شهر اصفهان (اقلیم گرم و خشک) می توان رد پای پایداری زیست محیطی را در چارچوب طراحی اقلیمی مشاهده کرد. در گذشته به دلیل نبود امکانات امروزی مانند بخاری ، کولر ، پنکه و ... برای آسایش حرارتی ساکنان در طراحی فضا تدابیری لحاظ می شد که امروزه از آنها تحت عنوان سامانه های غیر فعال نام برده می شود که در نتیجه این راهکار ها بدون نیاز به تجهیزات مکانیکی یا تکنولوژی هایی که امروزه از آن ها استفاده می شود می توانستند به شرایط مطلوب حرارتی دست پیدا کنند. در طراحی غیر فعال منبع اصلی تامین انرژی خورشید است و روش های های طراحی ساختمان ها بر اساس دریافت مستقیم از انرژی خورشید می باشد(محمدی و ثبوتی، ۱۳۹۴).

با توجه به وضع کنونی قیمت انرژی در جهان ، رو به کاهش بودن منابع و همین طور آلودگی روز افزون شهر ها، ساخت و ساز با روش های کنونی کشور تاثیر مثبتی بر کاهش مصرف انرژی ندارد. با اینکه نتایج بحران های امروزی به خوبی شناسایی شده اند ولی بسیاری از راه حل های ارائه شده نسبت به مشکلات محیطی در معماری پایدار، به نظر ناکارآمد و ناقص می آیند (گرجی مهلبانی، ۱۳۸۹). تعداد زیادی از ساختمان های ساخته شده با مشکل زمستان سرد و تابستان گرم مواجه هستند که باعث مصرف بیش از اندازه انرژی می گردد. ارزان بودن قیمت انرژی در ایران باعث استفاده بی رویه از آن شده است. در حال حاضر تدابیری برای صرفه جویی در مصرف انرژی همانند رایگان کردن آن برای مشترکان کم مصرف و افزایش تا چند برابری برای مشترکان پر مصرف در نظر گرفته شده است اما با این حال به دلیل طراحی بدون تدبیر بعضی از منازل ، مشکل هدر رفت ناخواسته انرژی در آنها وجود دارد که می توان با شناساندن راهکار های طراحی در اقلیم مورد نظر به طراحان ساختمانی در به حداقل رساندن مصرف انرژی و پایدار کردن ساختمان کمک به سزایی کرد.

1 AQI

بر این اساس در این مقاله ابتدا با مطالعه شاخصه های پایداری زیست محیطی و ابعاد آن بر اساس تحلیل متون در ساختمان های سنتی می پردازد و سپس به نقش مولفه های آن در معماری سنتی اقلیم گرم و خشک ایران پرداخته می شود و در آخر به بررسی نقش مولفه های پایداری زیست محیطی در معماری خانه مشروطه اصفهان(اقلیم گرم و خشک) پرداخته می شود . بنابراین پرسش های مقاله شامل موارد زیر است: "شاخصه های پایداری زیست محیطی چیست؟"،"عوامل تاثیر گذار بر طراحی اقلیمی کدامند ؟"،"نقش مولفه های پایداری زیست محیطی در معماری خانه مشروطه اصفهان چگونه است ؟".

۲- پیشینه پژوهش

بحران افزایش آلودگی محیط زیست در اواسط دهه ۱۹۷۰ ، سبب تشکیل گروه های طرفدار و حامی محیط زیست گردید و مفهوم گسترده ای تحت عنوان «پایدار»[1]پیگیری شد . اصطلاح پایدار برای نخستین بار در سال ۱۹۸۶ توسط کمیته جهانی گسترش محیط زیست تحت عنوان «رویارویی با نیاز های عصر حاضر بدون به مخاطره انداختن منابع نسل آینده برای مقابله با نیاز هایشان» مطرح گردید (ورمزیار و سعید، ۱۳۹۵). از رویداد های مهم دیگری که باعث آغاز پایداری شد ، درگیری اعراب و اسرائیل در سال ۱۹۷۳ بود که باعث بحران های نفتی با پیامد های جدی برای کشور های بسیار صنعتی شد(Krizankova & Keppl، 2015) . سه رویداد مهم که باعث تصویب سند اعلامیه استقلال برای آینده ای پایدار شد عبارتند از: کنفرانس سازمان ملل متحد (اجلاس زمین) ، ریودوژانیرو در سال ۱۹۹۲ ، کنگره اروپایی UIA در مورد معماری زیت محیطی در استکهلم و هلینسکی در سال ۱۹۹۲ و سومین رویداد که به اعث تصویب سند شد ، کنگره جهانی UIA شیکاگو برای توسعه معماری در سال ۱۹۹۳ بود (Krizankova & Keppl، 2015) . در معماری ستنی ایران همواره میتوان رد پای اقلیم را در طراحی بنا ها را مشاهده کرد و همین امر باعث شده تا راهکار های طراحی اقلیمی معماری و سرمایش و گرمایش غیر فعال در معماری سنتی مورد توجه پژوهشگران و مولفان این حوزه قرار بگیرد . یاران و جعفری (۱۴۰۱) به بررسی خانه های قدیمی شهر کاشان از منظر اقلیمی و مصرف انرژی، بررسی تمامی فضاها، قیاس آن با راهکارهای انرژی غیرفعال برای شناخت طراحی سازگار با اقلیم و نحوه صرفه جویی مصرف انرژی در خانه های کاشان می پردازند. قبادیان (۱۴۰۰) به بررسی فرم خانه های فلات مرکزی با نمونه بنا هایی در شهر اصفهان میپردازد . از نظر ایشان وجود تطبیق بین شیوه زندگی با مسائل اقلیمی از خصوصیات بسیار مهم این نواحی است . همچنین به بررسی عناصر تشکیل دهنده خانه های چهار فصل ، طاق ها و گنبد ها ، مصالح ، ساختمان های خشتی و گلی میپردازد . به طور کل در این کتاب به طور جزئی به مشخصه های طراحی اقلیمی میپردازد. دهقان و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی حرارتی ایوان به عنوان یکی از عناصر نیمه باز به بررسی رابطه فضایی ایوان با فضا های جانبی و جهت قرار گیری این عنصر نسبت به حیاط با روش مقایسه خانه های شهر اصفهان می پردازند. صدر خردمند (۱۴۰۰) به مبحث کلی انرژی در معماری ، بحران ها ، شناخت و روش های تولید انرژی می پردازد . وی با دسته بندی انواع منابع انرژی تجدید پذیر ، چگونگی استفاده از آنها را مورد بررسی کلی قرار می دهد. طبق نظر پسران و همکاران (۱۳۹۸) رابطه معناداری بین تناسبات بازشوها و حیاط خانه های سنتی یافت میشود که وجود رابطه اقلیم با معماری را به خوبی بیان میکند. از این رو ، چگونگی تهویه طبیعی در خانه هایی که بادگیر ندارند را مورد ارزیابی قرار می دهد. معموری (۱۳۹۷) با بررسی ارتباط پایداری و معماری سنتی ایران نتیجه می گیرد که به کارگیری اصول معماری سنتی بر مبنای اصول معماری پایدار راهی برای دستیابی به معماری پایدار است. ترابی (۱۳۹۷) بعد از شناخت مشخصه های اصلی خانه های سنتی و سامانه های ایستا به مقایسه عناصر معماری سنتی و سامانه های ایستا میپردازد. فلاح و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی سامانه های غیر فعال می پردازد و در ادامه کارکرد این سیستم ها در اقلیم گرم و خشک مورد ارزیابی قرار می دهد. محمدی و ثبوتی (۱۳۹۴) با معرفی سامانه های ایستا در معماری سنتی و مقایسه آنها با روش های امروزی ، راهکار هایی برای استفاده از انرژی های تجدید پذیر و مدیریت مصرف انرژی را ارائه می دهند. ضرغامی و همکاران (۱۳۹۴) ضمن تاکید بر مطابقت معماری پایدار و معماری بومی، یکی از راه های رسیدن به معماری پایدار را در به کارگیری اصول معماری بومی میدانند. Ahmed S. Attia (۲۰۲۲) به بررسی تطبیقی معماری سنتی یک خانه در شهر صنعا ، یمن با معماری پایدار میپردازد و همچنین آموزه های اسلام را در شکل گیری خانه های سنتی تبیین می کند. Anna Zareba et al (۲۰۲۲) به بررسی سیستم های فعال و غیر خورشیدی و همین طور مقایسه آنها در مقیاس شهری ، با در نظر گرفتن رابطه بین یک ساختمان کم مصرف و تابش مناسب در محیط و برنامه ریزی مناسب برای آن می پردازد. Messaouda RAIS et al (۲۰۱۹) به بررسی نما های ساختمان های سنتی و تطبیق آنها با نمای ساختمان های امروزی میپردازند و همچنین با استفاده از تکنیک های معماری سنتی ، سعی در بهینه سازی مصرف انرژی خنک کننده های ساختمان در اقلیم گرم و خشک الجزایر را دارند. Mohammadhossein Azizibabani & Marjan Dehghani (۲۰۱۴) با استفاده از تکنولوژی BIM در شبیه سازی ساختمان و تاثیر آن بر دست یابی به پایداری می پردازند . همچنین با تحلیل ساختمان هایی که با استفاده از این تکنولوژی طراحی شده اند ، به بررسی اهمیت روش های طراحی و ساخت بر دست یابی به پایداری می پردازند. Gayatri Hada (۲۰۱۷) به بررسی کلی سیستم های غیر فعال در معماری بنا های امروزی میپردازد و با ارائه ایده های جدید در نوع مصالح

1 sustainable

مصرفی به کار رفته ، سعی در کم کردن هزینه های تعمیر و نگهداری آنها دارد. Arturas Narvydas (۲۰۱۴) روند طراحی خانه های پایدار را مورد بررسی قرار میدهد . از نظر او تمامی خانه های ساخته شده با گرایش های پایداری دارای جنبه های مثبت و منفی در روند ساخت ، هزینه ، تکنولوژی ، مکان یابی ، زیبایی شناسی و ... هستند . وی با بررسی این که چه نوع گرایشی در کدام محیط (روستایی یا شهری) مناسب است ، پژوهش خود را به پایان می رساند. با توجه به تحقیقات صورت گرفته تاکنون پژوهشی در این رابطه در خانه مشروطه اصفهان صورت نگرفته و با توجه به اهمیت این موضوع در ارتباط با نیاز های امروز جوامع در بهینه سازی مصرف انرژی ، مطالعات در این حوزه صورت گرفته است .

۳- مبانی نظری پژوهش

در این بخش به معرفی مفاهیم اصلی تحقیق و ارتباط آنها بایکدیگر پرداخته شده و سپس مولفه های آنها از نظریه های پژوهشگران پیشین و صاحب نظران استخراج شده است.

۳-۱- پایداری زیست محیطی

رویکردی است که به دنبال به حداقل رساندن تاثیرات منفی زیست محیطی ساختمان ها توسط افزایش بهره وری و اعتدال در استفاده از مواد، انرژی و فضای توسعه اکوسیستم کلی است. معماری پایدار در طراحی محیط ساخته شده، از یک رویکرد آگاهانه در مورد انرژی و حفاظت از محیط زیست استفاده می شود(ایزدی، ۱۴۰۰). طبق تعریف کمیسیون جهانی سازمان ملل در زمینه محیط زیست، توسعه پایدار آن نوع توسعه ای است که نیازهای امروز را بدون لطمه زدن به توانایی های نسل های آینده در برآوردن نیازهایشان برآورده سازد. از نظر این کمیسیون، طراحی پایدار برای زیست بوم و بقاء کره زمین یک گزینه نیست بلکه یک اجبار است که چهار رویکرد مهم آن عبارتند از: کاهش ، باز مصرف، بازآفرینی و بازیافت. هدف عمده پایداری تمرکز بر روی کاهش است (یوسفی تذکر و همکاران، ۱۳۹۷). کاربرد مفاهیم پایداری و اهداف توسعه پایدار در جهت کاهش اتلاف انرژی و آلودگی محیط زیست در معماری، مبحثی به نام معماری پایدار به وجود آورده است. در این نوع معماری ساختمان نه تنها با شرایط اقلیمی منطقه خود را تطبیق می دهد بلکه ارتباط متقابلی با آن برقرار میکند و در یک تعریف اجمالی می توان گفت معماری پایدار معماری است که در آن طراح، کاربر بنا را به سمت استفاده اندک از منابع تجدیدناپذیر و همسازی با اقلیم با بیشترین بهره، توأم با حداقل آسیب به محیط زیست و زمین سوق میدهد (مولانایی و سلیمانی، ۱۳۹۵: ۵۹).

جدول ۱: نظرات برخی پژوهشگران در رابطه با شاخصه ها، مولفه ها و اهداف پایداری زیست محیطی در معماری (مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۲)

پژوهشگر	سال	توضیح
گرجی مهلبانی	۱۳۸۹	به طور خلاصه اهداف توسعه پایدار شامل:۱-تغییر رابطه انسان و طبیعت، ۲-فرآیند تغییر در استخراج معادن، ۳-ایجاد ساختمان هایی کارا بر اساس ضوابط محیطی، ۴-ایجاد ساختمان هایی با مصرف حداقل انرژی
ایزدی	۱۴۰۰	معماری پایدار زیست محیطی مانند سایر مقولات معماری، دارای اصول و قواعد خاص خود است و این سه مرحله را در بر می گیرد: ۱-صرفه جویی در منابع، ۲-طراحی برای بازگشت به چرخه زندگی، ۳-طراحی برای انسان.
پور احمد و همکاران	۱۳۹۶	اصول سه گانه طراحی شهری پایدار را چنین بیان می کنند: ۱-اولویت بخشیدن به بازیافت ساختمان ها، اماکن ، زیرساخت ها و شبکه معابر موجود، ۲-حفاظت از منابع طبیعی، منظر طبیعی زمین، حیات وحش و همین طور استفاده از مصالح بومی، ۳-کاستن از میزان مصرف انرژی.
عطاریان و صفرعلی نجار	۱۳۹۷	معماری پایدار مانند سایر مقولات معماری، دارای اصول و قواعد خاص خود است و این سه مرحله را در بر می گیرد : ۱-صرفه جویی در منابع، ۲-طراحی برای بازگشت به چرخه زندگی، ۳-طراحی برای انسان.
باغبان	۱۳۹۸	اصول کلی معماری پایدار به شرح زیر بیان می کند: ۱-حفظ انرژی، ۲-هماهنگی با اقلیم، ۳-کاهش استفاده از منابع جدید، ۴-احترام به کاربران، ۵-احترام به سایت، ۶-کل گرایی
قلی نژاد پاسوری و مفیدی شمیرانی	۱۳۹۸	اصولی که باید رعایت شود تا یک ساختمان در ردیف ساختمان های پایدار طبقه بندی شود به سرح زیر است: ۱-حفظ انرژی، ۲- هماهنگی با اقلیم بنا، ۳-کاهش استفاده از منابع جدید، ۴-برآوردن نیاز های ساکنان، ۵-هماهنگی با سایت، ۶-کل گرایی
Jong-Jin Kim	۱۹۹۸	اصول کلی معماری پایدار را صرفه جویی در مصرف منابع، طراحی بر اساس چرخه حیات و طراحی انسانی معرفی میکند

جدول ۲: برخی نظریات ارائه شده از معماران معاصر در رابطه به معماری پایدار (مأخذ: عوضعلی پور حقیقت پرست، ۱۳۹۵)

نظریه پرداز	نظریه
نورمن فاستر	بیشتر کار کردن و استفاده از کمترین امکانات
کنت پینگ	اشغال کردن کمترفضا با مصالح ساختمانی با صرف کمترین انرژی
ریچارد راجرز	برآوردن نیاز های امروز بدون آسیب رساندن به منابع نسل های آینده
هاگان	تبیین رابطه متعادل تر و هم زیستانه اثر معماری با محیط
ساموبل موک بی	التقاطی از ارزش های زیباشناختی، محیطی، اجتماعی، سیاسی و اخلاقی
جونگ جینگ کیم	صرفه جویی در مصرف منابع، طراحی بر اساس چرخه حیات، طراحی انسانی
چارلز کی برت	مدیریت متعهدانه بر مبنای اصول بوم سازگار

بنابراین مولفه ها و شاخصه های گوناگونی در رابطه با پایداری زیست محیطی در معماری بیان می شود اما به برخی از آنها در بیشتر پژوهش ها اشاره شده که در این مقاله از آنها استفاده شده است. بنابراین مؤلفه های مورد مطالعه به شرح زیر می باشد:

- حفاظت از انرژی
- صرفه جویی در منابع
- احترام به زمین
- هماهنگی با اقلیم
- استفاده از مصالح بازیافتی
- احترام به کاربران

۳-۲- معماری اقلیمی

طراحی اقلیمی روشی است که در آن تمام عوامل اقلیمی در طراحی، اجرا، مصالح و ... لحاظ شده و از آنها برای رسیدن به آسایش حرارتی در ساختمان استفاده می شود. در تمام اقلیم ها، ساختمان هایی که طبق اصول طراحی اقلیمی ساخته شده اند، ضرورت گرمایش و سرمایش مکانیکی را به حداقل کاهش می دهند و در عوض از انرژی طبیعی موجود در اطراف ساختمان استفاده می کنند(میرزایی زاده و محمودی نژاد، ۱۳۹۴). عواملی اقلیمی موثر در راهکار های معماری عبارتند از: ۱-تابش آفتاب، ۲- دمای هوا، ۳- باد، ۴-رطوبت(محمودی نژاد و حسن زاده، ۱۳۹۸: ۵۸-۶۸). هدف های طراحی اقلیمی در زمستان افزایش کسب حرارت و جلوگیری از اتلاف حرارت و در تابستان بالعکس جلوگیری از کسب حرارت و افزایش تلفات حرارت می باشد. راه های انتقال حرارت به چهار صورت هدایت، همرفت، تابش و تبخیر است که برای هر کدام از اهداف تعریف شده برای طراحی اقلیمی راهکار های جداگانه ای وجود دارد.

۳-۲-۱- راهکار های غیر فعال طراحی در زمستان

افزایش کسب حرارت از دو راه هدایش و تابش امکان دارد. راه استفاده از هدایت، استفاده از حرارت زمین است. دمای درون زمین در زمستان گرم تر از هوا و دمای سطح زمین است بنابر این می ت.ان از گرمای آن برای گرمایش استفاده کرد. راه استفاده از تابش تنها انرژی حرارتی خورشید است که ساده ترین راه برای گرمایش در طراحی اقلیمی محسوب می شود. برای جلوگیری از اتلاف حرارت نیز از دو راه هدایت و همرفت می توان استفاده کرد. برای هدایت می بایست جریان هدایت حرارتی را کاهش دهیم که برای این کار می توان از مصالح با ضریب هدایت حرارتی کمتر استفاده کرد اما در همرفت بایستی از نفوذ هوای سرد جلوگیری کرد و همینطور از شدت جریان هوای خارج کاست.

۳-۲-۲- راهکار های غیر فعال طراحی در تابستان

در تابستان از سه روش هدایت، همرفت و تابش برای جلوگیری از تابش استفاده می شود. برای جلوگیری از هدایت حرارت باید جلوی نفوذ حرارت از زمین گرفته شود و همینطور باید از نفوذ هوای گرم جلوگیری شود تا از طریق همرفت نیز اتلاف هوای سرد وجود نداشته باشد. برای جلوگیری از راه انتقال به روش تابش نیز باید از ورود و جذب حرارت خورشید کاست. برای افزایش اتلاف حرارت از تمام چهار روش انتقال حرارت استفاده می شود. از برودت زمین می توانیم برای هدایت، تهویه طبیعی برای همرفت، استفاده از برودت تابشی برای تابش و استفاده از برودت تبخیری برای عمل تبخیر می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲-۳- منابع جذب و اتلاف حرارت

هدایت: منابع جذب و اتلاف هر دو زمین و جدار های خارجی می باشد.

همرفت: منبع جذب و اتلاف هوا می باشد.

تابش: برای جذب حرارت از انرژی مستقیم خورشید و برای اتلاف آن از آسمان استفاده می شود.

تبخیر: فقط برای اتلاف حرارت و منبع آن هواست.

آنچه در بالا به آن تحت عنوان راهکار های غیر فعال در طراحی اقلیمی اشاره شد، امروزه در دسته سامانه های غیر فعال[1](ایستا) مورد مطالعه قرار می گیرد.

۳-۳- سامانه های ایستا

سامانه ای است که پس از تبدیل انرژی تابشی خورشید به انرژی حرارتی، کنترل جریان انرژی حاصل به روش های طبیعی و بدون استفاده از هیچ انرژی دیگری صورت می گیرد(ایزدی، ۱۴۰۰). معماری غیر فعال خورشیدی روشی برای طراحی ساختمان ها است که از مزایای محیط محلی (مانند نور خورشید) بهره می برد و در عین حال اثرات نامطلوب آب و هوا(مانند دمای سرد شبانه) را بر سطح آسایش کاربران ساختمان به حداقل می رساند(Gayatri Hada، ۲۰۱۷). در معماری بومی به دلیل وجود نداشتن تکنولوژی های امروزی که برای پایداری زیست محیطی در ساختمان ها مورد استفاده قرار می گیرند، از انرژی های پاک و سامانه های غیر فعال استفاده می شده است. ساختمان های کم مصرف به گونه ای شکل می گیرند که بیشترین سطح ممکن را برای استفاده بهینه از نور و انرژی حرارتی داشته باشند و در عین حال از اتلاف گرما جلوگیری کنند. علیرغم وجود خورشید و میزان مناسب تابش در شهر های پر جمعیت کار آسانی نیست و نیازمند اجرای مقرراتی است(Zareba et al، ۲۰۲۲). این مقررات به عناصر بسیاری از جمله هندسه ساختمان، تنظیم ارتفاع آنها، جهت گیری و ... مربوط می شود. سامانه های غیر فعال از نظر کاربرد به دو دسته تقسیم می شوند که شامل سامانه های سرمایش غیر فعال و سامانه های گرمایش غیر فعال می باشند. این سامانه ها به سه بخش دریافت مستقیم، دریافت غیر مستقیم و دریافت مجزا تقسیم شده و هر سامانه می تواند زیر مجموعه یکی از این سه بخش باشد(ایزدی، ۱۴۰۰). این نوع طراحی با عوامل متعددی از جمله جهت باد، میزان انرژی دریافتی از خورشید، وضعیت بارش و ... در ارتباط است. به طور مثال در اقلیم گرم و خشک انواع بادگیر ها با طراحی متفاوت یک طرفه ، چهار طرفه و هشت طرفه مشاهده می شود.

سیستم های فعال خورشیدی، سیستم هایی هستند که برای دریافت و انتقال انرژی از سامانه های انرژی دیگری همچون سامانه های مکانیکی و الکتریکی استفاده میکنند(نوذری اسبمرز و جعفریان ثمرین، ۱۳۹۲). اما سیستم های غیر فعال خورشیدی بدون استفاده از هرگونه سامانه مکانیکی و الکتریکی، خود مسئول تولید یا جذب، انتقال و توزیع هستند. سامانه های سرمایش غیرفعال شامل این موراد است (قیابکلو،۱۳۹۵؛ قیابکلو، ۱۳۹۳؛ مرتهب، ۱۳۹۵؛ قبادیان، ۱۴۰۱؛ واتسون و لبز، ۱۳۹۲):

- سرمایش تبخیری[2]
- تهویه عبوری
- تهویه دودکشی
- تهویه شبانه
- سایبان
- پوسته خارجی
- حیاط مرکزی
- بادگیر
- گودال باغچه
- انرژی زمین

سامانه های گرمایش غیر فعال شامل شامل این موراد است (قیابکلو،۱۳۹۵؛ قیابکلو، ۱۳۹۳؛ مرتهب، ۱۳۹۵؛ قبادیان، ۱۴۰۱؛ واتسون و لبز، ۱۳۹۲):

- پنجره آفتابی
- نورگیر سقفی
- دیوار ترومب
- حوضچه سقفی
- دیوار آبی
- اتاق خورشیدی(زمستان و تابستان نشین)
- سامانه ترموسیفون
- جرم حرارتی[3]
- زمین گرمایی[4]
- روش گلخانه ای
- تهویه بام سبز
- انرژی زمین

۴- روش تحقیق

این مقاله در محدوده پژوهش های توصیفی-تحلیلی قرار دارد. راهبرد اصلی این پژوهش تحلیل نمونه موردی می باشد. از این رو با روش های میدانی، کتابخانه ای و اسنادی و با استفاده از ابزار های دوربین عکاسی و پلان ها، خانه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته و سپس با نتایج به دست آمده از مطالعات کتابخانه ای تطبیق داده می شود و راهکار های مورد استفاده به طور جداگانه مورد تحلیل و توصیف به صورت کیفی قرار می گیرد. این پژوهش به لحاظ هدف کاربردی می باشد. با توجه به ویژگی های خاص

1 passive
2 Evaporating Cooling
3 Thermal mass
4 Geothermal

اقلیمی و بومی در ساخت خانه های تاریخی در شهر اصفهان، خانه مورد نظر در مرکز شهر اصفهان انتخاب شد و نتایج به صورت جدول توسط نگارنده، نحوه قرار گیری فضا های مختلف با توجه به ماهیت و اهمیت آنها، ابعاد، اندازه، تناسبات و فرم شکلی و سپس سامانه های مورد استفاده در خانه مورد پژوهش تدوین شده که در چارچوب ملاحضات نظری، کمک شایانی به نتیجه گیری پژوهش انجام می دهد. گام اول پژوهش شناخت انواع سامانه های ایستا مورد استفاده در معماری سنتی اقلیم گرم و خشک می باشد که با بررسی کلی سامانه ها در قالب جدول انجام شده است. در گام دوم تناسبات، فرم شکلی و چگونگی قرار گیری فضا های خانه مورد مطالعه و زون بندی آنها صورت گرفته است. در گام سوم و پایانی سامانه هایی که در گام اول مورد مطالعه قرار گرفته است را در فضا های خانه مشروطه مورد تحلیل قرار گرفته و به ارائه نتایجی در کاربرد این سامانه ها در خانه های تاریخی و سنتی می گردد.

۵- بحث و یافته ها

محدوده مورد مطالعه در اقلیم گرم و خشک شهر اصفهان است. طبق پیوست سوم مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ایران سال ۱۳۹۹، اصفهان به طور قالب و به طور متوسط به گرمایش نیاز دارد بنابر این اکثر سیستم های مورد استفاده در معماری سنتی این شهر به عنوان سامانه های گرمایش مورد استفاده قرار می گرفت.

سامانه های ایستا مورد استفاده در اقلیم شهر اصفهان به شرح زیر می باشد(قبادیان، ۱۴۰۱؛ مرتهب، ۱۳۹۵؛ قیابکلو، ۱۳۹۳):

– **سرمایش تبخیری:** در این روش از آب به عنوان عنصر خنک کنند استفاده می شود. بخار آب می تواند گرمای محسوس هوا را جذب و به گرمای نهان تبدیل کند.

– **سایبان:** سایبان ها به سه صورت عمودی، افقی و مرکب و با مصالح متنوع اجرا می شوند. سایبان ها مانع تابش مستقیم نور خورشید به سطح بازشو ها می شوند.

– **تهویه دودکشی:** هوای گرم به سمت بالا حرکت می کند. زمانی که گرم شدن دودکش ناشی از برخورد پرتو های خورشید اتفاق می افتد، هوای گرم را از خود عبور داده و از بنا خارج می کند.

– **حیاط مرکزی:** فضای باز حیاط مرکزی با محوریت خود ابعاد معین، جهت‌گیری و جانمایی هدفمند، عنصری تعیین کننده در استفاده انرژی بوده است(پیریایی و همکاران، ۱۳۹۹).

– **بادگیر:** جمع آوری هوا هنگام وزش باد و وارد کردن آن به داخل ساختمان وظیفه اصلی بادگیر ها است. در اقلیم گرم و خشک به سه صورت یک، چهار و هشت طرفه وجود دارد که متداول ترین آنها چهار طرفه است.

–**پنجره آفتابی:** این سامانه ها در نمای جنوبی ساختمان قرار دارند و نور خورشید از طریق مستقیماً به فضای داخلی راه می یابد. در این سامانه فضای زندگی خود به عنوان دریافت کننده انرژی عمل می نماید.

– **نورگیر سقفی:** با جذب مستقیم نور خورشید علاوه بر کم شدن نیاز به روشنایی الکتریکی در روز، می توان گرمای خورشید را به داخل فضا آورد. از این نورگیر ها برای تهویه هوا نیز می توان استفاده کرد.

– **اتاق خورشیدی:** قرار گیری اتاق ها در اطراف حیاط مرکزی برای در امان ماندن از گرمای خورشید در تابستان و استفاده از از نور خورشید در زمستان اتاق های تابستان نشین و زمستان نشین را به وجود آورده اند که به طور گسترده در خانه های سنتی اصفهان مورد استفاده قرار می گرفتند.

– **روش گلخانه ای:** گلخانه یک اتاق شیشه ای است که به طور مجزا عمل کرده و در دیواره جنوبی ساختمانی با کشیدگی شرقی–غربی قرار می گیرد. در این روش نور خورشید به گلخانه می‌تابد و گرما آفتاب در داخل گلخانه محبوس می‌شود.

– **گودال باغچه:** در این روش با حفاری زمین و ساخت بنا در آن از خنکی و رطوبت زمین استفاده می شود.

– انرژی زمین: درون زمین همیشه دما متعادل تر از پوسته زمین است به همین دلیل در زمستان می توانیم از حرارت زمین و در تابستان از برودت زمین استفاده کنیم.

۶-۱- بررسی نمونه موردی

خانه مشروطیت اصفهان در نزدیکی میدان نقش جهان واقع شده است. این بنا در زمان انقلاب مشروطه در دوران حکومت قاجاریه در اصفهان بنا نهاده شد. این بنا محل گردهمایی رجال سیاسی، علما، مردم و روشنفکران بوده است. سبک ساخت این بنا همانند دیگر بنا های دوران قاجار می باشد.

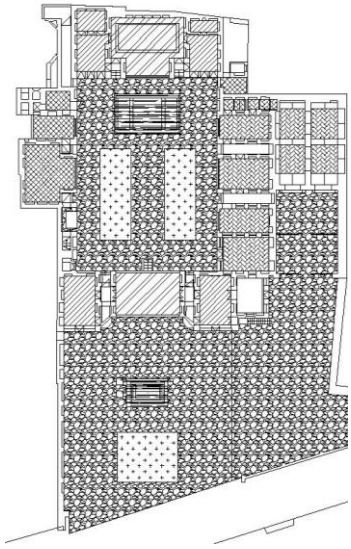
شکل ۱- درب ورودی
(مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۲)

شکل ۲- سایه اندازی دیواره ها
(مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۲)

شکل ۳- پنجره های ارسی
(مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۲)

این بنا در ابتدا محل زندگی و متعلق به حاج آقا نورالله نجفی رهبر مشروطه خواهان اصفهان بوده که در حال حاضر شهرداری اصفهان مالکیت آن را به عهده دارد و مرمت های این بنا را انجام داده است. پلان مورد مطالعه مربوط به دوران قبل از مرمت می باشد.

جدول ۳: بررسی فرم و فضا های خانه مشروطیت(مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۲)

نشانه	توضیحات کاربری	
	این فضا به عنوان فضای حیاط استفاده می شده است. در حال حاضر حیاط جنوبی پس از مرمت با یک دیوار به دو بخش تبدیل شده است.	
	فضای سبز و محوطه درختان این بنا است. در حال حاظر دو تکه کوچک حیاط جنوبی وجود ندارند.	
	این قسمت مربوط به حوض های درون حیاط است که تا کنون تغییراتی در آنها ایجاد نشده است.	
	این فضا ها در اصل اتاق هایی بوده اند در اطراف شاهنشین که از آنها به عنوان اتاق مدیریت استفاده می شده است.	
	اتاق های مجموعه را شکل می دادند که تعداد آنها ۸ عدد است و چهار اتاق غربی به یک دیگر دسترسی مستقیم دارند.	
	یک اتاق بزرگ که به نظر می رسد به عنوان نماز خانه استفاده می شده و مابقی نقش فضا های خدماتی را داشته اند.	
	دو اتاق شاهنشین هفت دری که به نظر می رسد اتاق جلسات بوده اند.	

نتایج مذکور بنا به مطالعات نگارندگان و با توجه به محدودیت های موجود به دلیل مرمت خانه، به هنگام مشاهدات میدانی و بسته بودن درب برخی اتاق ها تبیین گردیده و ممکن است شامل تغییراتی در آینده باشد اما به طور کلی این بنا شامل ۲ حیاط اندرونی و بیرونی، ۲ شاهنشین در جبهه شمالی و جنوبی و ۱۲ اتاق می باشد. همچنین این بنا دارای یک زیر زمین در زیر شاهنشین جنوبی و یک طبقه در بالای اتاق های سمت شرق و غرب آن و یک اتاق نگهبانی بر روی پشت بام سمت غرب شاهنشین شمالی می باشد. مصالح مورد استفاده در این بنا، خشت، گل، گچ و آجر است که مصالح بومی این منطقه به شمار می رود.

شکل ٤– بخش شرقی حیاط بیرونی (مأخذ: نگارندگان، ١٤٠٢)

جدول ٤: بررسی سامانه های ایستا در خانه مشروطه اصفهان(مأخذ: نگارندگان، ١٤٠٢)

نام فضا	سامانه ایستا	توضیحات	تصاویر
شاهنشین شمالی	اتاق خورشیدی ، پنجره آفتابی	این فضا به عنوان یک اتاق زمستان نشین مورد استفاده قرار می گرفته است. خورشید در زمستان و در زمانی که نیاز به گرمایش وجود دارد به طور مایل به زمین می تابد به همین دلیل این فضا در جبهه شمالی قرار گرفته است و یک پنجره تحت عنوان پنجره آفتابی سر تا سر این قرار گرفته است. وجود ارسی می تواند به اندازه کافی مانع از ورود نور خورشید در تابستان شود و نور زمستان را از خود عبود دهد.	
شاهنشین جنوبی	اتاق خورشیدی	این اتاق در جبهه جنوبی حیاط قرار گرفته است. دو اتاق در طبقه اول اطراف این شاهنشین وجود دارد که مانع برخورد نور خورشید هنگام طلوع و غروب خورشید می شود. همچنین وجود حوض در حیاط اندرونی و بیرونی باعث سرمایش تبخیری شده و دمای فضا کاهش پیدا می کند. وجود ارسی می تواند به اندازه کافی مانع از ورود نور خورشید در تابستان شود و نور زمستان را از خود عبود دهد.	
حیاط اندرونی	گودال باغچه، سرمایش تبخیری، حیاط مرکزی، گلخانه	این فضا پایین تر از سطح زمین قرار دارد و می تواند در تابستان هوای خنک تر و در زمستان هوای گرم تری را به فضا منتقل کند. استفاده از حوض در شمال این حیاط باعث ایجاد عمل تبخیر شده و نوسانات فضا را می تواند به اندازه قابل توجهی کاهش دهد. در واقع شمال حیاط محلی است که در تابستان و زمستان نور مستقیم به آن می تابد. وجود اتاق ها در اطراف این بنا از کوران هوا جلوگیری و در نتیجه باعث می شود ذرات معلق آب حاصل از تبخیر از فضا به طور کامل بیرون نرود. وجود درخت های برگ ریز در این فضا در اصل به دلیل ایجاد سایه در تابستان و عدم جلوگیری از نور خورشید در زمستان است.	

نام فضا	سامانه ایستا	توضیحات	تصاویر
حیاط بیرونی	گودال باغچه، گلخانه ، سرمایش تبخیری	این فضا پایین تر از سطح زمین قرار دارد و می تواند در تابستان هوای خنک تر و در زمستان هوای گرم تری را به فضا منتقل کند. وجود یک حوض کوچک باعث عمل تبخیر شده و از نوسانات دمایی تا حدودی جلوگیری می کند. استفاده از درخت کاج به دلیل برگریز نبودن آن می تواند هم در تابستان و هم در زمستان سایه ایجاد کند و در واقع در تابستان به روی پنجره جنوبی شاهنشین جنوبی در برخی اوقات روز سایه اندازی می کند و وجود یک درخت برگ ریز نیز می تواند به بهبود کیفیت هوا کمک کند.	
اتاق ها	سایبان	بازشو های این فضا ها تا حدودی درون دیوار قرار گرفته اند تا در تابستان مانع برخورد نور خورشید شوند و در زمستان بتوانند نور خورشید را مستقیما وارد فضا کنند.	
زیر زمین	انرژی زمین	این فضا در تابستان به عنوان یک فضای خنک مورد استفاده قرار می گرفت و در واقع به دلیل کم بودن اختلاف دما در زیر زمین در تابستان و زمستان، می توانستند از آن به عنوان یک یخچال طبیعی استفاده کنند.	
طبقه اول	سایبان، پنجره آفتابی	این فضا می تواند به عنوان سایبان در تابستان برای حیاط اندرونی و در برخی اوقات روز برای سقف شاهنشین جنوبی عمل کند و همینطور به دلیل تابش مستقیم نور خورشید به آنها در زمستان پنجره های آنها به عنوان پنجره آفتابی عمل می کند.	

۷- نتیجه گیری

از جدول بررسی سامانه های ایستا می توان نتیجه گرفت که برخی از شاخصه های مرتبط با پاسخ های غیر فعال در طراحی خانه مورد مطالعه قابل مشاهده است. حفاظت از انرژی به دلیل وجود حیاط مرکزی و همینطور جهت گیری مناسب فضا ها در این بنا مبتنی بر رویکرد پایداری زیست محیطی وجود دارد. در منابع به دلیل جلوگیری از هدر رفت انرژی و همینطور بهره گیری حداکثری از انرژی های تجدید پذیر، حداکثر صرفه جویی ممکن در این بنا صورت می گیرد. استفاده از راهکار های طراحی اقلیمی و مصالح بوم آورد نیز باعث شده تا هماهنگی اقلیمی که مبتنی بر شاخصه های پایداری زیست محیطی است در این بنا دیده شود. بنابراین به طور کلی از ۶ شاخصه مطرح شده در مبانی نظری، ۳ شاخصه حفاظت از انرژی، صرفه جویی در مصرف انرژی و هماهنگی با اقلیم در این بنا وجود دارد.

منابع

۱. آمار نامه شهر اصفهان (۱۴۰۰)، سرزمین، آب و هوا، اداره آمار و تحلیل اطلاعات شهرداری اصفهان
۲. ایزدی حمیدرضا (۱۴۰۰)، «جزوه دوره آمادگی آزمون کارشناسی ارشد: تنظیم شرایط محیطی»
۳. باوئر مایکل و موسله پتر(۱۳۹۷)، «ساختمان سبز: کتاب راهنمای معماری پایدار»، ترجمه محمد تحصیلدوست و محمد امین حسین پور، چاپ ۱، دانشگاه شهید بهشتی، صص ۴

۴. پاکزاد جهانشاه (۱۳۸۶)، «اصول بافت شهر های سنتی ایران» مقالاتی در باب مفاهیم معماری و طراحی شهری»، ص ۶۹، تهران، انتشارات شهیدی
۵. پیریایی مهرانگیز، مفیدی شمیرانی سید مجید و صابرنژاد ژاله(۱۳۹۹)، «نقش مولفه های اقلیمی در تناسبات حیاط مرکزی در خانه های بومی اقلیم گرم و خشک ایران(مورد مطالعه: شهر یزد)»، فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی شهری چشم انداز زاگرس، دوره ۱۲، شماره ۴۵، صص ۸۴-۶۷
۶. ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۹ (۱۴۰۱)، وزارت نیرو جمهوری اسلامی ایران
۷. عوضعلی پور حقیقت پرست شکوفه، تقی زاده یزدان و ذبیحی، حسین(۱۳۹۵)، «طراحی الگوی بومی در اقلیم گرم و خشک جهت کاهش مصرف انرژی در بخش مسکن (مطالعه موردی: شهر یزد)»، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۲۱، شماره ۳، صص ۲۳۶-۲۲۷
۸. قبادیان وحید (۱۴۰۱)، «تحلیل اقلیمی ساختمان های پایدار سنتی در ایران»، چاپ ۱، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران
۹. قیابکلو زهرا (۱۳۹۵)، «مبانی فیزیک ساختمان ۲(تنظیم شرایط محیطی)»، چاپ ۱۲، جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه صنعتی امیر کبیر
۱۰. قیابکلو زهرا (۱۳۹۳)، «مبانی فیزیک ساختمان ۴(سرمایش غیر فعال)»، چاپ ۲، جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۱۱. گرجی مهلبانی یوسف (۱۳۸۹)، «معماری پایدار و نقد آن در حوزه محیط زیست»، نشریه علمی-پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره ۱، صص۱۰۰-۹۱
۱۲. مرتهب رامتین (۱۳۹۵)، «الگوی صرفه جویی مصرف انرژی در معماری مسکن»، چاپ ۱، کنکاش
۱۳. مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان صرفه جویی در مصرف انرژی(۱۳۹۹)، ویرایش ۴، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۱۴. محمدی کیانا و ثبوتی هومن(۱۳۹۴)، «طراحی مرکز مطالعات و تحقیقات فرهنگی و هنری ایران با الگوبرداری از عناصر سنتی اقلیمی معماری ایرانی در راستای بهره وری انرژی»، دومین کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در عمران، معماری و شهرسازی
۱۵. محمودی نژاد هادی و حسن زاده مهسا(۱۳۹۸)،«معماری بومی، اقلیم و حیاط»، طحان، چاپ اول، صص ۶۸-۵۸
۱۶. مولانایی صلاح الدین و سلیمانی سارا (۱۳۹۵)، «عناصر با ارزش معماری بومی منطقه سیستان بر مبنای مؤلفه های اقلیمی معماری پایدار»، نشریه باغ نظر، سال سیزدهم، شماره ۴۱، مهر و آبان ۹۵: ۵۹
۱۷. ملت پرست محمد (۱۳۸۸)، «معماری پایدار در شهر های کویری ایران»، نشریه معماری و شهرسازی آرمان شهر، دوره ۲، شماره ۳، صص ۱۲۸-۱۲۱
۱۸. میرزایی زاده حانیه سادات و محمودی نژاد هادی (۱۳۹۴)، «معماری همساز با اقلیم با تاکید بر مجتمع های مسکونی»، دومین کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در عمران، معماری و شهرسازی
۱۹. نوذری اسبمرز نازنین و جعفریان ثمرین حامد (۱۳۹۲)، «تلفیق فناوری های نوین و راهکارهای معماری بومی و سنتی در توسعه ی پایدار خانه ها»، اولین کنفرانس معماری و فضا های شهری پایدار
۲۰. واتسون دونالد و لبز کنت (۱۳۹۲)، «طراحی اقلیمی: اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان»، مترجمان: وحید قبادیان و محمد فیض مهدوی، چاپ ۱۴، موسسه و انتشارات دانشگاه تهران
۲۱. ورمزیار حسن و سعید حسین (۱۳۹۵)، «معماری پایدار با رویکرد توسعه در معماری»، سومین کنفرانس پژوهش در علوم و تکنولوژی
۲۲. یوسفی تذکر مسعود، اعظم انهر عادل و قربانی وحید (۱۳۹۷)، «ساختمانهای صفر انرژی»، نشریه ایوان چهارسو، سال دوم، شماره ۵، زمستان۹۷
23. Hada G. (2017). Solar Passive Arcitecture an Overview. International journal of Trend in Scientific Research and Development.
24. Krizankova A. & Keppl J. (2015). Sustainable Architecture in Slovakia after the Year 1990. Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering.
25. Medows D., Randers J. & Meadows D. (2004). Limits to Growth: the 30- Year Update. First Edition. Chelsea Green Publishing.
26. Zareba A., Krzeminska A., Kozik R., Adynkiewicz-Piragas M. & kristianova K. (2022), Passive and Active Solar Systems in Eco-Architecture and Eco-Urban Planning, MDPI