نشریه مطالعات هنر اسلامی
www.sysislamicartjournal.ir

چگونگی شکل گیری یک ساختمان مسکونی پایدار با استفاده از مواد و مصالح هوشمند در شهر تبریز

وحید شیخ لویی بناب[1]، شهریار شقاقی[2*]

[1] دانشجوی دکتری معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران. v.sheikhloie@iaushab.ac.ir

[2] (نویسنده مسئول) ستادیار، معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران. sh.shagagi@iaushab.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

شماره ۴۷

دوره ۱۹

صفحه ۳۰۳ الی ۳۱۸

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۰۶

تاریخ داوری: ۱۴۰۱/۰۱/۱۸

تاریخ صدور پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱

کلمات کلیدی

معماری مسکونی،
آسایش حرارتی،
صفرانرژی،
مصالح هوشمند،
اقلیم سرد و کوهستانی.

ارجاع به این مقاله

شیخ لویی بناب, وحید, شقاقی, شهریار. (۱۴۰۱). چگونگی شکل گیری یک ساختمان مسکونی پایدار با استفاده از مواد و مصالح هوشمند در شهر تبریز. مطالعات هنر اسلامی, ۱۹(۴۷), ۳۰۳-۳۱۸.

dorl.net/dor/20.1001.1.۱۷۳۵۷۰۸.۱۴۰۱.۱۹.۴۷.۲۴.۲

dx.doi.org/10.22034/IAS.۲۰۲۲.۳۲۶۶۲۷.۱۸۶۵

چکیده

معماری پایدار به‌عنوان یکی از نوین‌ترین روش‌های رشد و ارتقا براساس ویژگی‌های اقلیمی است. این سبک، سال‌های زیادی است که در دنیا از فلسفه و روش‌های اجرایی مدرن برخوردار می‌باشد. معماری پایدار به‌عنوان یک اصل و هدف بدون شک برای تحقق نیازمند اصول، راهکار و ابزارهایی هست. یکی از ابزارهای مهم در تشکیل یک معماری استفاده از مواد و مصالح مناسب درآن است استفاده از سیستم‌های ساختمانی هوشمند و پاسخ به‌موقع نسبت‌به تغییرات در شرایط محیطی مانع از هدر رفتن انرژی و دوام و افزایش عمر بیشتر در ساختمان‌ها می‌شود. توسعهٔ پایدار و در نتیجه معماری پایدار سعی در همراهی با طبیعت به‌جای غلبه بر طبیعت و استفاده از انرژی تجدیدپذیر به‌جای سوخت‌های فسیلی درنتیجهٔ جلوگیری از تباهی منابع طبیعی و پرهیز از آلودگی محیط‌زیست را به‌همراه دارد. استفاده از مصالح هوشمند یکی از مهم‌ترین پاسخ‌ها برای ارتباط بین معماری و محیط‌زیست است. پژوهش حاضر به روش توصیفی و تحلیلی و با تکیه بر داده‌های منابع کتابخانه‌ای و مطالعات میدانی انجام شده است. نتایج بدست آمده نشانگر آن است که استفاده از روش‌های هوشمند و ایده‌های پایدار شامل: ۱.تأسیسات و تجهیزات گرمایشی و سرمایشی؛ ۲. تهویه؛ ۳.روشنایی؛ ۴. عایق‌بندی؛ ۵. بازشوها؛ ۶. دیوارها، در جهت حفظ انرژی ساختمان‌ها مؤثر است.

اهداف پژوهش:

۱. مطالعهٔ اهمیت استفاده‌کردن از مواد و مصالح هوشمند در بخش‌های مختلف یک ساختمان مسکونی در اقلیم سرد و کوهستانی.

۲. ارائهٔ الگویی مناسب برای شکل‌گیری یک معماری پایدار با مصرف انرژی کم در ساختمان‌های مسکونی تبریز.

سؤالات پژوهش:

۱. چگونه می‌توان ساختمان مسکونی با معیارهای معماری پایدار طراحی کرد؟

۲. چگونه می‌توان ساختمان مسکونی با مصرف انرژی کم متناسب با اقلیم شهر تبریز طراحی کرد؟

2676-7759/ © 2020 Islamic Art Press. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/BY/4.0/)

مقدمه

مسکن به‌عنوان بستری برای زندگی انسان با سایر ابعاد زندگی او در ارتباط و کنش متقابل است. هر ناحیه مسکونی باید با توجه به ساختارهای گوناگون خانوادگی و نیازهای مکانی و اجتماعی مختلف ساخته شود با داشتن ویژگی‌های فضایی و اجتماعی خاص خود، محیطی منحصربه‌فرد را ارائه کند. در دهه‌های اخیر به دلیل افزایش تقاضا برای مسکن در ایران، تلاش‌های بسیاری برای تأمین مسکن انجام شده است ولی آنچه عموماً نادیده گرفته شده جنبه‌های کیفی بناها در کنار فزونی کمی آن‌هاست. واژۀ کیفیت مفهوم گسترده‌ای دارد؛ به‌طوری‌که می‌توان تعاریف مختلفی از آن ارائه داد که بیانگر شاخص‌های مختلفی از آن باشد؛ از این‌رو جهت کسب مطلوبیت در حوزۀ مسکن در کنار توسعه کمی باید شاخص‌های کیفی در مطالعات برنامه‌دهی مسکن مورد بررسی قرار گیرند. مسکن پیچیده‌ترین بنا در طراحی است. طراحی این کاربری امری فراتر از پاسخ به برنامه است؛ چراکه باید چهره‌های عمومی را در عین جریان زندگی خصوصی ساکنینش، به نمایش بگذارد. این به معنای پیروی از شرایط متنوع اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و به‌ویژه فلسفه فردی ساکنین است که در جوامع گوناگون، از فرد به فرد متفاوت خواهد بود.

شناسایی شیوه و ترجیحات رایج زندگی در جامعه و تأثیرات آن در طراحی حیاتی است. دورۀ معاصر در ایران، آغاز تغییرات وسیع در همه زمینه‌ها است (استرابی و همکاران،۱۳۹۹). در دنیای امروز با توجه به محدودبودن منابع سوخت فسیلی ساختمان‌ها صنایع و دیگر ارگان‌ها به سمت استفاده از دیگر انرژی‌های موجود در زمین مانند انرژی خورشیدی، بادی، زیست انرژی و آبی حرکت کرده‌اند. اکثر ساختمان‌های انرژی صفر از شبکه برق سراسری برای ذخیره انرژی استفاده می‌کنند ولی بعضی از آن‌ها هم مستقل از شبکه هستند. اگر به‌طور خلاصه به مرور تاریخ معماری قرن گذشته در زمینۀ آیندهنگری بپردازیم، خواهیم دید که این آینده عموماً به‌وسیله مصالح و تکنولوژی‌هایی که در آن دوران ساخته خواهد شد، تعریف می‌شود. درواقع با ظهور مدرنیسم بود که نوعی تلاش همه سویه برای اندیشیدن و تفکر در مورد سرنوشت آیندۀ معماری صورت پذیرفت.

در۱۹۱۴م. گروه بیانیه معماری فوتور «معماران جوان ایتالیایی معماری» منتشر کردند که این بیانیه اعلام می‌داشت فوتوریست، معماری پیش‌اندیشی، بی‌پروایی و بی‌پیرایه‌گی است، معماری بتن مسلح، آهن، شیشه و تمام مصالحی است که جایگزین بهتری برای چوب، سنگ و آجر باشند؛ طوری‌که قابلیت بالایی از انعطاف‌پذیری و سبکی را فراهم آورند. در حال حاضر، طیف وسیعی از فرآورده‌ها و مصالح، در دسترس قرار گرفته‌اند و یا اینکه در حال عرضه به بازار هستند. برخی از آن‌ها به‌طور خاص برای استفاده در زمینۀ معماری تولید شده و برخی نیز برای کاربردهای دیگری مثل صنعت منسوجات، اتومبیل سازی و ... در نظر گرفته شده‌اند. اما نکته اصلی اینجاست که چگونه این مصالح نوین در دسترس معماران و طراحان قرار گیرد؟اگر برای معماران این امکان فراهم آید که بتوانند تمام این مصالح و فرآورده‌ها را مستقیماً یا به شکل اصلاح شده در پروژه‌های خود به‌کار گیرند، آنگاه سیل عظیمی از امکانات تازه و جالب برای طراحی ساختمان‌ها و روش‌های ساخت را به دنبال خواهد داشت.

معماران خلاق می‌توانند مصالح و فرآورده‌های نوین را برای کاربردهای خاص معماری توسعه دهند و قادر خواهند بود صنعت تازه‌ای را در معماری بر پایهٔ مصالح نوین پدید آورند و درنتیجه، معماران بیش از آنکه طراح ساختمان باشند، مجری، تولیدکننده و سازنده آن نیز خواهند بود(Araujo et al, ۲۰۲۰). لذا اهداف این پژوهش شامل: ۱- طراحی ساختمان مسکونی با معیارهای معماری پایدار؛ ۲- طراحی ساختمان با مصرف انرژی کم می‌باشد که براساس استفاده از مواد و مصالح هوشمند در منطقه سرد و کوستانی در بحث صرفه‌جویی در مصرف انرژی محقق می‌شود.

امروزه شهرهای ما در آستانهٔ نسل بعدی ساختمان‌ها هستند؛ ساختمان‌هایی با درجات متعددی که کاملاً رفتار اکولوژیکی دارند و قادرند با بهره‌گیری هوشمندانه از مصالح سازگار و عملکرد (Hi-Tech) تکنولوژی جدید و مناسب، در برابر تغییرات مستقیم و غیرمستقیم پیرامون خود واکنش نشان دهند و خود را با شرایط مناسب تطبیق دهند. این نوآوری‌ها وظایف جدیدی را برای طراحان و معماران ایجاد می‌کند که از قافله پر سرعت تکنولوژی عقب نمانده و آن‌ها را در طرح‌های خود به‌کار گیرند. معرفی مصالح هوشمند و عملکرد آن‌ها و مهم‌تر از آن نحوه به‌کارگیری و رفتار آن‌ها در پروژه‌های ساختمانی هدف اصلی می‌باشد که در کشورهای پیشرفته به اجرا درآمده‌اند (اصلانیان و همکاران، ۱۳۹۹). در پژوهشی دیگر، محقق با درک ضرورت و اهمیت موضوع مصالح هوشمند و نقش آن در معماری، پژوهش حاضر را با هدف شناسایی ظرفیت‌های مصالح هوشمند و کابردهای آن در طراحی معماری و همچنین به‌کارگیری مصالح هوشمند در مسیر رسیدن به یک معماری تعاملی در طراحی خانهٔ فرهنگ و هنر محلهٔ سعادت‌آباد تهران انجام داده است.

روش تحقیق به‌کار گرفته شده در پژوهش حاضر در مرحلهٔ اول، استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای در راستای شناخت مبانی نظری موضوع و بررسی پیشینهٔ تحقیق و نظریات مربوط به موضوع و در ادامه با توجه به ویژگی‌های این پژوهش از روش توصیفی تحلیلی استفاده شده است. محقق پس از تحلیل مؤلفه‌های مؤثر به طبقه‌بندی یافته‌های مربوط به ویژگی‌های مصالح هوشمند پرداخته است. دو اصل اساسی در این پژوهش بررسی و شناخت ویژگی‌های مصالح هوشمند و یافتن راهکارهای معماری مناسب در جهت طراحی مجموعه فرهنگ و هنر در سایت مور نظر در منطقهٔ دوم شهرداری تهران پیشنهاد شده است (مهرا فرهادی – ۱۳۹۴). فعالیت این پروژه بر انتخاب مواد و ظرفیت فنی در دو بُعد عملی: دانش قبلی و تنش در مورد آینده بررسی می‌شود. این تحقیق شناسایی جانشینی پارادایم‌های "تکنولوژیکی و مادی" گذشته و آینده است، ارائه پروژه با ورود مواد جدید و فرآیندهای تولید صورت می پذیرد. ظهور مواد هوشمند کامپوزیتی تمام مواد واژگون‌کننده این ویژگی‌ها را به چالش کشیده است (Araujo et al, ۲۰۲۰).

۱. معماری شهری و مصالح هوشمند

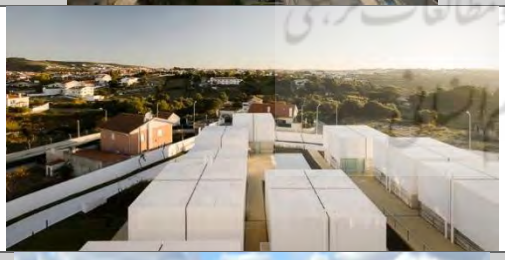
چند سال اخیر نسل جدیدی از ساختمان‌ها مشخص شده است؛ ساختمان‌هایی با درجات مختلف فن‌آوری بالای زیست محیطی در رفتار خود از طریق استفاده هوشمندانه از عملکرد مواد سازنده که بسیار عالی هستند، محصولات و سازه‌هایی که با تغییر مستقیم یا غیرمستقیم در محیط خود که قادر به واکنش به آن‌ها هستند را تنظیم کرده و خود را متناسب با آن وفق داد. این وظایف جدیدی را برای طراحان و برنامه‌ریزان این ساختمان‌ها ایجاد می‌کند که باید بدانندفرایند طراحی به دانش و ادغام بسیاری احتیاج دارد. پارامترها متعلق به این مواد جدید "هوشمند" و فن‌آوری برای راه حل مشکلات دیرینه در طراحی ساختمان است. اهداف این تحقیق پایداری با عملکرد مصالح ساختمانی و

پیشنهاد یک روش‌شناسی که در انتخاب مناسب به معماران و طراحان کمک کند "**مواد هوشمند برای طراحی ساختمان**".

در این پژوهش، اصطلاحات Smart Material و Smart Technologies تعریف شده است ، به منظور ارزیابی از دیدگاه‌های معماری به این اشاره کرد که چگونه می‌توان معماری را با استفاده از فن‌آوری‌های جدید توسعه داد؟ نمونه‌هایی از پروژه‌های تکمیل شده و یا آزمایش‌های معماران را توصیف می‌کند که دانش را عمیق‌تر می‌کند. این تحقیق، اثربخشی را توضیح می‌دهد با استفاده از مواد هوشمند برای تبدیل شدن به یک عامل "به سمت یک معماری جدید"(Pham & Kim,۲۰۱۹).

در جدول ذیل نمونه ساختمان‌های مسکونی ساخته شده با مصالح هوشمند در جهت دستیابی آن‌ها به صرفه‌جویی در مصرف انرژی معرفی شده است:

جدول۱-نمونه ساختمان‌های مسکونی پایدار

R	نمونه ساختمان	موقعیت	سال ساخت	معمار	تصویر
۱	**مجتمع مسکونی دیوارهای سفید**	نیکوزیا - قبرس	۲۰۱۵	ژان نوول	
۲	**مجتمع مسکونی Alcabideche**	آلکابیدک - پرتغال	۲۰۱۲	گوئدس کروز	
۳	**مجموعه انرژی صفر بدینگتون**	لندن - بریتانیا	۲۰۰۲	بیل دانستر و گروه آروپ	

۴	**ساختمان مسکونی بوسکو ورتیکال**	میلان - ایتالیا	۲۰۱۴	استفانو بویری	
۵	**برج‌های مسکونی سبز کوثر**	مشهد - ایران	در حال ساخت	فیلیپ روو – حامد کامل نیا	

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۲. معماری پایدار

کاربرد مفاهیم پایایی و اهداف توسع، پایدار در جهت کاهش اتلاف انرژی و آلودگی محیط زیست در معماری، مبحثی به‌نام **معماری پایدار** را به وجود آورده‌است. در این نوع معماری، ساختمان نه‌تنها با شرایط اقلیمی منطقه خود را تطبیق می‌دهد، بلکه ارتباط متقابلی با آن برقرار می‌کند. به‌طوری‌که براساس گفته ریچارد راجرز، ساختمان‌ها مانند پرندگان هستند که در زمستان پرهای خود را پوش داده و خود را باشرایط جدید محیط وفق داده و براساس آن سوخت و سازشان را تنظیم می‌کنند (بخشی بالکانلو و همکاران، ۱۳۹۹).

مهم‌ترین سرفصل‌های معماری پایدار را عناوین زیر تشکیل می‌دهند:

- معماری اکوتک؛
- معماری سبز؛
- توسعه پایدار

معماری پایدار که درواقع زیرمجموعهٔ طراحی پایدار است را شاید بتوان یکی از جریان‌های مهم معاصر به‌حساب آورد که عکس‌العملی منطقی در برابر مسایل و مشکلات عصر صنعت به‌شمار می‌رود. برای مثال، ۴۰درصد از ذخایر سوختی در ساختمان‌ها مصرف می‌شود که این به‌نوبه خود منجر به بحران‌های زیست‌محیطی شده و خواهد شد؛ بنابراین، ضرورت ایجاد و توسعه هرچه بیشتر مقولهٔ پایایی در معماری به‌خوبی قابل مشاهده است.

اصول معماری پایدار نیز عبارتند از:

- اصل اول: حفظ انرژی؛
- اصل دوم: هماهنگی با اقلیم؛
- اصل سوم: کاهش استفاده از منابع جدید؛
- اصل چهارم: برآوردن نیازهای ساکنان؛
- اصل پنجم: هماهنگی با سایت؛
- اصل ششم: کل‌گرایی.

تمام اصل معماری پایدار باید در یک پروسهٔ کامل که منجر به ساخته‌شدن محیط زیست سالم می‌شود، تجسم یابد (Araujo et al, ۲۰۲۰).

سرزمین بزرگ ایران از معدود کشورهای جهان است که در طول تاریخ توانسته است با ویژگی‌های فرهنگی و جغرافیایی خود معماری متنوعی ایجاد کند. این تنوع حتی در تقسیم‌بندی‌های جغرافیایی یک منطقه محدود نیز، با اندکی دقت، به خوبی قابل مشاهده است. برای مثال، تنوع زیاد معماری مسکونی در مناطق سرسبز استان گیلان در منطقه لاهیجان، لنگرود و اطراف رشت، ناحیه آستارا و بخش شمالی طالش، منطقه فومنات، ارتفاعات دیلمان و ارتفاعات ماسوله و ماسوله رودخان و یا معماری مسکونی کویر ایران در ابیانه و ۶۰ کیلومتری نطنز - کاشان نمایانگر این مسئله هستند. عوامل گوناگونی چون توپوگرافی، ویژگی‌های اقلیمی، قابلیت‌های اقتصادی، معیشت، منابع آب و ... در سرزمین پهناور ایران موجب پدیدارشدن بافت‌های مسکونی متفاوتی از نظر شکل‌گیری کالبدی شده است. این موقعیت جغرافیایی و اقلیمی خاص همراه با هوشمندی گذشتگان این سرزمین در بهره‌گیری از انرژی‌های طبیعی مانند باد و خورشید چه در کویر سوزان و چه در مناطق مرطوب کشور دست به دست هم دادند تا این معماری بی‌نظیر پدید آید ولی مشاهده می‌شود که امروزه مردم این سرزمین با سهل انگاری و بی توجهی از کنار آن گذشته و دنبال منبع الهام و الگویی خارج از این سرزمین باشند (قلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱).

مسکن: این واژه در گذشته به اتاق اطلاق می‌شد. اتاق خصوصی را(وستاخ) یا گستاخ یا وثاق می نامیدند؛ از واژه سرا به‌جای کلمهٔ خانه در اصطلاح امروز آن، استفاده می‌شد (استرابی اشتیانی و همکاران،۱۳۹۹). واژهٔ مسکن در حقیقت اسم مکان از ریشه سکن است که به محل سکون یا توقف گفته می‌شود. با این همه این واژه مجموعهٔ متنوّعی از مفاهیم کالبدی و مفهومی را با خود به‌همراه دارد.

در بیانیهٔ دومین اجلاس کنفرانس اجلاس بشر در استانبول ترکیه، به‌جای استفاده از کلمه مسکن، عبارت سرپناه مناسب استفاده شد (Pham & Kim,۲۰۱۹) و در تبیین آن چنین عنوان شده است که» سرپناه مناسب بیش از یک سقف بالای سر هر فرد است. بلکه به معنای خلوت مناسب، دسترسی، ایمنی کافی، امنیّت تصرّف، ایستایی و دوام سازه‌ای، روشنایی، گرما و تهویهٔ مناسب، زیرساخت های مناسب از قبیل منابع آب، بهداشت و تجهیزات دفع زباله، معیارهای متناسب محیطی و سامت، و موقعیّت و دسترسی مناسب نسبت به محل‌های کار و تأسیسات زیربنایی است که همگی باید با هزینهٔ مناسبی در دسترس باشند. مسکن به‌عنوان یکی از عناصر حیاتی زیست انسان و تأمین‌کنندهٔ نیازهای مختلف او در مقیاس ملّی و بین‌المللی مورد توجّه است. برنامهٔ اسکان بشر سازمان ملل در دومین کنفرانس خود در استانبول ترکیه هدف اصلی دستورالعمل خود را سرپناه مناسب برای همگان و توسعهٔ پایدار سکونتگاه‌های بشری در فرایند شهرگرایی در جهان قرار داده است (Pham & Kim,۲۰۱۹). در فصل هفتم دستور کار ۲۱با عنوان: ترویج توسعه پایدار در اسکان بشر، نخستین برنامهٔ این فصل، تأمین سرپناه مناسب برای همگان عنوان شده است. اصل ۳۱ و ۴۳ داشتن مسکن متناسب با نیاز، حق هر فرد و خانواده ایرانی دانسته شده است. بنا بر نظرات گوناگون، خانه در سه گسترهٔ ساختمانی و کاربردی و اجتماعی معنای دقیق می‌یابد (قلی‌نژاد و همکاران،۱۳۹۱).

۱-خانه به مفهوم ساختمانی، دارای وضعی است که ارزیابی فنی را نشان می‌دهد؛

۲-خانه به مفهوم مکان زندگی، نمایان‌گر استقبال‌ها و اشتیاق های کاربردی است که انسان، واحد اندازه‌گیری و نقطهٔ مرکزی احساس‌هایش است؛

۳-خانه به مفهوم خانواده، نمایانگر تصوّر نمادینی است که واحد اندازه‌گیری و نقطهٔ عطف آن به شکل هستهٔ اجتماعی درآمده است. درواقع، تعریف و مفهوم عام مسکن، یک واحد مسکونی نیست، بلکه کل محیط مسکونی را شامل می‌شود.

۳. شرایط آسایش انسان در محیط

بنابه تعریف، آسایش (Comfort) به شرایطی از هوا گفته می‌شود که در آن ۹۷٪ افراد احساس راحتی کرده‌اند. رسیدن به شرایط آسایش ایده‌آل بسیار دشوار است زیرا شرایط آسایش برای منطقه‌ای با منطقه دیگر تفاوت دارد. مثلاً افرادی که در کوهستان یا نقاط مرتفع زندگی می‌کنند احساس متفاوتی از آسایش نسبت به افرادی که در نقاط پست یا کویری زندگی می‌کنند، دارند.

چهار فاکتور مهمی که در ایجاد آسایش انسان نقش مهمی برعهده دارند عبارتند از: دمای هوا - رطوبت نسبی - حرکت هوا – نور. غیر از این چهار فاکتور دو شرط ورزش و بهداشت محیط نیز در آسایش جسمی انسان تأثیر مستقیم دارد.

انسان‌ها بسته به شرایط آب و هوایی که در آن قرار دارند درباره شرایط آسایش احساس متفاوتی دارند. مثلاً برخی از افراد هوای مرطوب اطراف ساحل را ترجیح می‌دهند و بعضی دیگر هوای خشک بیابان ها و کوه ها را دوست دارند. در طراحی شراط آسایش بایستی به سه پارامتر دمای خشک، رطوبت هوا و حرکت هوا توجه داشت. سازمان مهندسی گرما، سرما و تهویه مطبوع آمریکا (ASHRAE) پس از سال‌ها مطالعه روی صدها نفر در شرایط مختلف آب و هوایی به مفهوم دمای مؤثر که نشان‌دهندهٔ رابطه بین پارامترهای ذکرشده یعنی دمای خشک، رطوبت و حرکت هوا می‌باشد دست یافتند. دمای مؤثر به‌صورت اندازه‌گیری میزان آسایش انسان که شامل ترکیبی از دمای خشک، رطوبت نسبی و حرکت هوا می‌باشد بیان می‌شود. بر طبق این نظریه

در این دما افراد احساس راحتی می‌کنند؛ به طوری که برای سرعت هوای مشخص شرایط مختلفی از ترکیب دمای خشک و رطوبت نسبی وجود دارد که می‌تواند همان احساس آسایش را در درصد بالایی از افراد ایجاد کند. در این حالت گفته می‌شود که همه ااین ترکیبات دارای یک دمای مؤثر می‌باشند. پس از به هم متصل‌کردن نقاطی که اکثر افراد با پوشش و فعالیت معمولی احساس آسایش می‌کنند می‌توان یک نمودار ترسیم نمود. به این خطوط، خطوط دمای مؤثر گفته می‌شود. چون واکنش افراد مورد آزمایش در زمستان و تابستان با هم متفاوت بود، بنابراین به این نتیجه می‌رسیم که شرایط آسایش یک فصل به فصل دیگر متفاوت است و چون سیستم‌های تهویه برای یک دما و رطوبت و حرکت مشخص هوا طراحی شده‌اند پس ممکن است شرایط آسایش ایده‌آل را برای همه فصل ها فراهم نکنند (Kabir et al,۲۰۲۱).

٤. ویژگی اقلیم سرد و معماری بومی آن

کوهستان‌های غربی که دامنه‌های غربی رشته کوه‌های مرکزی ایران را شامل می‌شوند با توجه به این که میانگین دمای هوا در گرمترین ماه سال در آن‌ها بیش از ۱۰و میانگین حداقل دمای هوا کمتر از ۳ -درجه سانتیگراد است. گرمای شدید دره‌ها در تابستان زیاد و در زمستان بسیار کم است .زمستان‌های طولانی، سرد و سخت بوده و چندین ماه از سال زمین پوشیده از یخ است. میزان بارندگی در تابستان کم و در زمستان زیاد است. فصل بهار کوتاه بوده و زمستان و تابستان را از هم جدا می‌کند. شهرهای تبری ، ارومیه، سنندج و همدان را می‌توان در این اقلیم قرار داد. در سراسر این منطقه از آذربایجان تا فارس زمستان‌ها به شدت سرد است سرما از اوایل آذر ماه شروع می‌شود و تا آخر فروردین ماه کم وبیش ادامه می‌یابد (اصلانیان و همکاران،۱۳۹۹).

به‌طور عمده، شبیه به اصولی است که در مناطق گرم و خشک مورد توجه بوده‌است، با این تفاوت که در مناطق سرد منابع ایجاد حرارت در داخل ساختمان است.

- استفاده از پلان‌های متراکم و فشرده
- به حداقل رساندن سطح خارجی در برابر حجم مورد پوشش
- ساختمان‌ها با مصالحی که دارای ظرفیت حرارتی بالا هستند بنا می‌شوند.

- به حداقل رساندن میزان تعویض هوای داخلی و تهویه هوای طبیعی و در نتیجه، جلوگیری از ایجاد سوز در داخل و خروج حرارت داخلی به خارج از ساختمان
- ساخت بام‌های مسطح و نگهداری برف به عنوان عایق بر روی بام‌ها
- ساختمان‌های درون گرا با حیاط مرکزی
- استفاده از ایوان و حیاط کوچک در بنا
- ساخت اتاق‌های کوچک با ارتفاع کم
- ساخت دیوارهای نسبتاً قطور

تنها تفاوت معماری این مناطق ومناطق گرم وخشک، تمایل و ضرورت استفاده ازحرارت ناشی ازتابش آفتاب در داخل ساختمان در فصل زمستان است ولی درهرصورت برای استفاده ازانرژی حرارتی حاصل از تابش آفتاب پوشش سطوح خارجی به رنگ تیره انتخاب شده و ابعاد پنجره‌ها نیز نسبت به مناطق گرم‌وخشک افزایش یافته‌است(Kabir et al,۲۰۲۱).

٤،١. نوع مصالح به‌کار رفته

در مناطق سرد هدف اصلی حفظ حرارت در داخل ساختمان است و عمده‌ترین عامل در این مورد مقاومت حرارتی دیوارهای جانبی ساختمان است. بنابراین در این مناطق، دیوارهای جانبی ساختمان باید مقاومت حرارتی مناسبی داشته باشد تا از اتلاف حرارت داخلی ساختمان جلوگیری کند. از طرفی مصالح مورد استفادهٔ ابنیهٔ سنتی در مناطق کوهستانی مانند سایر مناطق اقلیمی آن چیزی است که در دسترس است؛ بنابراین اغلب جهت دیوارها از سنگ و برای پوشش سقف طبقات و بام از چوب درختان و کاهگل استفاده می‌شود. در نواحی حاشیهٔ کوهپایه و مناطقی که خاک رس به حد کافی وجود داشته باشد، دیوارهای خشتی و آجری نیز ساخته می‌شود. در ساختمان‌های امروزی با استفاده از تکنولوژی مدرن و تأسیسات مکانیکی، سعی در مقابله با این عوامل اقلیمی شده است، ولی در گذشته این تجهیزات وجود نداشته و ابنیه‌سازان سنتی می‌بایستی بالاجبار با استفاده از وسایل و مصالح محلی با عوامل نامناسب و فرسایشی طبیعت مقابله کنند و جهت فراهم کردن شرایط آسایش در محوطه‌های شهری و در داخل ساختمان‌ها استفادهٔ بهینه از عوامل اقلیمی همیشه مسئلهٔ اساسی و مهم در طراحی و اجرا بوده است. به‌طورکلی می‌توان بیان نمود که ساختمان‌های سنتی ما برعکس اغلب ساختمان‌های امروزی، در ستیز با شرایط طبیعی نبودند بلکه با استفادهٔ مناسب از این شرایط در یک همزیستی و بهره‌وری منطقی در بطن طبیعت قرارداشته‌اند (بخشی بالکانلو و همکاران،۱۳۹۹).

۴.۲. جهت‌گیری بنا

جهت‌گیری بناها عموماً رو به جنوب، بین ۱۵ درجهٔ جنوب شرقی تا ۱۰ درجهٔ جنوب غربی می‌باشد به‌گونه‌ای که فضاهای اصلی قرار گرفته در جبههٔ شمالی مانند طنبی، کله‌ای و اتاق‌های نشیمن، رو به جنوب قرار می‌گیرد. تنها در خانهٔ حاج شیخ جبههٔ اصلی ساختمان در سمت غرب قرار گرفته است که دارای جهت‌گیری مناسب می‌باشد.

۴،۳. همسایگی‌ها

با توجه به قرارگیری خانه‌های مورد مطالعه در بافت قدیمی و فشردهٔ شهر، اکثر آن‌ها از چندین جهت دارای همسایگی می‌باشند. در یک بررسی کلی مشاهده می‌شود که بیشتر خانه‌ها از سه جبهه دارای همسایگی بوده و تنها یک جبههٔ آن‌ها به معبر محدود است. در این موارد ورودی نیز بیشتر در جبهه‌ای که به معبر محدود می‌شود، قرار گرفته است. در چند مورد نیز خانه از هر طرف دارای یک همسایگی است (بخشی بالکانلو و همکاران،۱۳۹۹).

۵. معرفی و بررسی مصالح هوشمند

هوشمند(intelligent)، باهوش(Smart)، حساس (Adaptive) همه برای تعریف ساختارها و مصالحی به‌کارمی روند که شامل حسگرها و محرک‌ها (Actuators) بوده و توانایی سازگاری با تحریکات خارجی مانند بارها و تحریکات محیط را دارند (بخشی بالکانلو و همکاران،۱۳۹۹). مصالح هوشمند یک اصطلاح جدید برای مصالح و فرآورده‌هایی است که توانایی درک و پردازش رویدادهای محیطی را داشته و نسبت به آن واکنش مناسب نشان می‌دهند. به بیان دیگر، این مصالح قابلیت تغییرپذیری داشته و قادرند شکل، فرم، رنگ و انرژی درونی خود را به‌طرز برگشت‌پذیر در پاسخ به تأثیرات فیزیکی یا شیمیایی محیط اطراف تغییر دهند. اگر مصالح را به سه گروه مصالح غیر هوشمند، نیمه هوشمند و هوشمند طبقه‌بندی کنیم، گروه اول یعنی مصالح غیر هوشمند ویژگی خاص بالا را ندارند، نیمه هوشمندها تنها قادرند در پاسخ به تأثیرات محیطی شکل و فرم خود را برای یک بار یا مدت زمان اندکی تغییر دهند اما در مصالح هوشمند این تغییرات تکرارپذیر و قابل برگشت خواهد بود. معماری هوشمند پویا است؛ بدین معنا که پارامترهای عملکردی اصلی، خود را با توجه به نیاز، تقاضا و شرایط متغیر و پویا تغییر می‌دهند. یک معماری هوشمند همچنین مانند سامانه زنده‌ای قادر به تجربه اندوزی و استفاده از تجارب در شرایط جدید است و با این خصیصه پویایی و خود سازماندهی سامانه تضمین می‌گردد .*مصالح و فراورده‌های نوین* در حال حاضر طیف وسیعی از فراورده‌ها و مصالح، در دسترس قرار گرفته‌اند یا اینکه د ر حال عرضه به بازار هستند. برخی از آن‌ها به‌طور خاص برای استفاده در زمینه معماری تولید شده‌اند (قلی نژاد و همکاران،۱۳۹۸).

۵.۱. انواع مصالح هوشمند

مصالح ذخیره‌کننده انرژی یکی از انواع مصالح هوشمند است. همان‌طورکه از نام این مصالح پیداست، آن‌ها قادر به ذخیره انرژی هستند. مصالح ذخیره‌کنندهٔ انرژی به روش‌های مختلف عمل می‌کنند و از قابلیت برگشت‌پذیری برخوردار می‌باشند. برای مثال، انرژی را به شکل گرما، نور و الکتریسیته ذخیره می‌سازند. این مصالح به مصالح تغییر حالت‌دهنده در معماری و ساختمان‌سازی معروف هستند و می‌توان از آن‌ها برای کاربردهای مختلف استفاده کرد. یکی از کاربردهای مصالح ذخیره‌کننده انرژی استفاده از آن‌ها به‌عنوان واسطه تنظیم دما است بدین‌صورت که با ذخیره‌کردن سرما یا گرما در نهان خود قادر به تنظیم دمای مکان مورد نظر هستند. علاوه‌بر آن می‌توانند از حالت جامد به مایع و برعکس تغییر حالت دهند. آن‌ها با پیروی از خاصیت بلوری‌شدن شکل خود را تغییر داده و انرژی گرمایی ذخیره شده در درجه حرارت‌های بالا (Carvajal-Arango et al.۲۰۱۹).

مصالح کروموژنیک نیز از مصالح هوشمند است و به مصالحی گفته می‌شود که در برابر محرک‌هایی نظیر نور، دما، میدان الکتریکی و تزریق یون برانگیخته می‌شوند و نور تولید می‌کنند. در واقع مولکول‌های آن‌ها انرژی جذب شده را به صورت اشعه الکترومغناطیسی مرئی ساطع می‌کنند. میزان تغییر این مصالح از انعکاس جزئی نور تا پخش کامل آن اتفاق می‌افتد. ازجمله مصالح هوشمند ساتع‌کننده نور می‌توان به مصالح فتوکرومیک، الکتروکرومیک، هالوکرومیک و ترموکرومیک اشاره نمود(Carvajal-Arango et al.۲۰۱۹).

مصالح واکنش‌دهنده به دما نیز از مصالح هوشمند هستند. این مصالح به‌صورت برگشت‌پذیر دربرابر تغییرات دمایی اطراف خود واکنش نشان می‌دهند.گاهی برخی ازمصالح به‌واسطه پوسته بیرونی، دمای درون خود رابا دمای محیط تطبیق می‌دهند وبرخی دیگر با استفاده ازیک میدان الکتریکی گرمایش خود را به‌صورت فعال از طریق تماس بروز می‌دهند. ازجمله کاربردهای این مصالح استفاده از آن‌ها در سیستم‌های تهویه ساختمان است. برای مثال؛ برخی از این سیستم‌ها در دماهای مشخص با باز و بسته‌شدن منجربه تهویه هوای اتاق می‌شوند، برخی دیگر در نمای ساختمان برای تهویه استفاده می‌شوند(Carvajal-Arango et al.۲۰۱۹).

مصالح تغییر رنگ دهنده نیز در زمرهٔ مصالح هوشمند هستند. مصالح تغییر رنگ دهنده به مصالحی گفته می‌شود که در برابر محرک‌های مختلف دچار تغییر رنگ می‌شوند. عملکرد این مصالح به‌صورت بازگشت‌پذیر است و پس از تغییر رنگ می‌توانند دو مرتبه به رنگ اولیه خود بازگردند. بیشتر این مصالح وقتی در معرض نور قرار می‌گیرند رنگ خود را تغییر می‌دهند. از جمله این مصالح می‌توان به محصولات الکتروکرومیک، فتوکرومیک و ترموکرومیک اشاره کرد. این مصالح هوشمند جایگاه ویژه‌ای در پوشش نمای ساختمان و معماری به خود اختصاص داده‌اند و از نظر زیبایی‌شناسی کاربرد فراوانی دارند (Carvajal-Arango et al.۲۰۱۹).

مصالح تغییر دهندهٔ مواد درونی نیز از مصالح هوشمند هستند. این مصالح هم در دکوراسیون داخلی و هم در نمای خارجی ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرند. مواد و مصالحی که قادر به تغییر مواد درونی خود هستند تحت تأثیر فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی، مواد درونی خود را به شکل جامد، مایع و گاز به شکل مولکول آزاد می‌کنند. این مصالح اگر دربرابرآب، گاز،بخار آب و ...قرار گیرند دچار تغییر حجم می‌شوند. مصالح خود تمیزشونده که به‌عنوان پوشش نمای ساختمان استفاده می‌شوند جزء این نوع مصالح هوشمند هستند و خود به خود آلودگی را از سطح خود پاک می‌کنند. از مصالح هوشمند با قابلیت تغییر مواد درونی برای ضدآب کردن نما، تمیز کردن آن، افزایش کیفیت هوا در ساختمان، رفع آلودگی‌ها و جذب صوت استفاده می گردد (Carvajal-Arango et al.۲۰۱۹).

نمودار ۱-دسته‌بندی کلی مصالح هوشمند (Bamgbade et al ,۲۰۱۹)

در این پژوهش بیشتر به بررسی مصالح هوشمند در بخش مصالح هوشمند ذخیره‌کننده انرژی پرداخته می‌شود:

٦. ذخیره‌سازی انرژی حرارتی در ساختمان‌ها

در بحث ذخیره‌سازی انرژی حرارتی در ساختمان‌ها دو دیدگاه در انتخاب مواد تغییرفازدهنده وجود دارد. درصورتی‌که هدف تأمین بار گرمایشی ساختمان به صورت مستقیم باشد، استفاده از مواد با دمای ذوب ٨٦ تا ٩٨ درجه سلسیوس و درصورتی‌که هدف تأمین بار گرمایشی به صورت غیرمستقیم باشد، دمای ذوب ٥٨ تا ١٨ درجه سلسیوس برای این مواد مناسب می‌باشد. موادی که به‌صورت مستقیم در داخل ساختمان استفاده می‌شوند، دارای دمای ذوب نزدیک به دمای آسایش ساکنین داخل ساختمان می‌باشد. با گرم‌شدن فضای داخل ساختمان، گرمای اضافی آن توسط مواد تغییر فازدهندهٔ جذب شده و این مسئله سبب ذوب شدن این مواد می‌گردد. از سوی دیگر با پایین آمدن دما نیز این مواد با پس دادن انرژی ذخیره شده مجدداً منجمد گردیده و به حالت اول برمی‌گردند. به‌طور کلی، در این مواد به‌جای استفاده از ظرفیت حرارتی، از گرمای نهان ذوب استفاده می‌شود. توان این مواد در ذخیره‌سازی انرژی حرارتی نسبت به سایر مصالح موجود بالا می‌باشد. با فرض اختلاف دمای ٤٦ درجه سلسیوس برای حداقل و حداکثر دمایی یک منطقه، یک کیلوگرم از این مواد حداقل معادل چهار کیلوگرم آب و یا ٨٨ کیلوگرم سنگ یا بتن می‌تواند انرژی حرارتی در خود ذخیره کند. با به‌کارگیری این مواد در بخش‌های مختلف ساختمان، علاوه بر کاهش مصرف انرژی، به دلیل کاهش ن نوسانات دمایی هوای داخل و باقیماندن دمای هوای اتاق در شرایط مطلوب، شرایط راحتی افراد فراهم می‌شود. استفاده از مواد تغییرفاز دهندهٔ در مناطقی که اختلاف دمای روز و شب زیاد است، کارایی بیشتری دارد. در صورتی‌که هدف استفاده غیرمستقیم از این مواد باشد، باید دمای ذوب آن‌ها به دمای سیستم‌های گرمایشی ساختمان و همچنین آب گرم بهداشتی ساختمان نزدیک باشد. در حال حاضر، اغلب مواد تغییر فازدهنده تجاری به‌کار رفته در ساختمان‌ها پارافین و نمک‌های آب دار می‌باشد. نمک‌های آب دار به دلیل ظرفیت بالای ذخیره انرژی گرمایی، ضریب انتقال حرارت بالا و هزینه‌های مناسب در مقایسه با پارافین‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند.

سولفات ($CaCl$ ۲ .٦H۲O) و کلرید کلسیم Na۲SO٤ .۱۰H۲O ، سدیم، نمونه‌هایی از مواد با ترکیبات غیرآلی هستند که دارای نقطه ذوبی در حدود ۹۸درجه سلسیوس بوده و به‌صورت مستقیم در فضاهای داخلی ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرند. از سوی دیگرT پارافین‌ها با دمای ذوب ٦٦ درجه سلسیوس و با داشتن اغلب خواص موردنظر، یکی از مواد مطلوب برای ذخیره انرژی می‌باشند که ب صورت غیرمستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه دمای آب گرم مورد نیاز در تاسیسات گرمایشی ٦٦ تا۵۸ درجه سلسیوس است لذا پارافین با نقطه ذوب ٦٦ درجه سلسیوس انتخاب مناسبی برای کاربرد در سیستم‌های ذخیره‌کننده دارد. به‌طور کلی مواد تغییر فازدهنده در ساختمان‌ها به دو روش فعال ۴و غیرفعال ۸ مورد استفاده قرار می‌گیرند. در روش غیرفعال از برخی انرژی‌های تجدیدپذیر مانند خورشید استفاده شده و انرژی حاصل از آن ذخیره می‌شود. در روش دیگر که به روش فعال معروف است، از منابع گرمایشی و سرمایشی موجود در ساختمان‌ها جهت ذخیره انرژی استفاده می‌شود. در ادامه این دو روش به‌طور کلی توضیح داده شده است (Bamgbade et al ,۲۰۱۹).

۶.۱. صرفه‌جویی در انرژی با ساختمان‌های هوشمند

در ساختمان‌های هوشمند با استفاده از سیستم‌های خودکار کنترل روشنایی ساختمان، کنترل دوربین‌های مداربسته، کنترل درها، کنترل وضعیت‌های اضطراری همچون آتش‌سوزی و زلزله و بسیاری کنترل‌های هوشمند دیگر مصرف انرژی به نحو چشمگیری کاهش می‌یابد. ساختمان هوشمند، ساختمانی است که مجهز به یک زیر ساختار ارتباطاتی قوی بوده که می‌تواند به‌صورت مستمر نسبت به وضعیت‌های متغیر محیط عکس‌العمل نشان داده و خود را با آن‌ها وفق دهد و همچنین به ساکنین ساختمان این اجازه را می‌دهد که از منابع موجود به‌صورت مؤثرتری استفاده کرده و امنیت و آرامش آن‌ها را افزایش دهد. هزینه‌های جاری یک ساختمان اغلب بخش عمده‌ای از درآمد مالکان را به خود اختصاص می‌دهد. اکنون بسیاری از سازمان‌ها در دنیا به صرفه‌جویی در مصرف انرژی و هر چه بهتر کردن محیط‌های کاری و زندگی خود روی آورده‌اند. مدت زیادی نیست که بحث دربارهٔ موضوع ساختمان‌های هوشمند در محافل عمومی مطرح شده است.

یک ساختمان هوشمند چگونه ساختمانی است؟ تعریفی که در ایالات متحده آمریکا درباره یک ساختمان هوشمند عنوان می‌شود اینچنین است: «یک ساختمان هوشمند ساختمانی است که در بر دارنده محیطی پویا و مقرون به صرفه بوسیله یکپارچه‌کردن چهار عنصر اصلی یعنی سیستم‌ها، ساختار، سرویس‌ها و مدیریت و رابطه میان آنها است». مزایای یک ساختمان هوشمند از طریق اتوماتیک کردن سیستمهایی مانند گرمایش، Ventilation، و تهویه مطبوع یا (HVAC) Air Conditioning، سیستم اعلام حریق و آتش‌نشانی، سیستم‌های امنیتی و مدیریت انرژی و روشنایی به‌وجود می‌آید. اگر حریقی در یک ساختمان بوقوع بپیوندد، سیستم اعلام حریق به سیستم امنیتی به‌صورت خودکار ارتباط برقرار می‌کند و از این طریق قفل‌های کلیه درب‌ها باز می‌شوند و مردم می‌توانند به راحتی از محل حریق دور شوند و سیستم امنیتی با سیستم HVAC نیز ارتباطی خودکار برقرار کرده و از این طریق هوای سالم جایگزین هوای دودآلود می‌شود .اصول یک ساختمان هوشمند می‌گوید که هزینه‌های واقعی یک ساختمان فقط هزینه‌های ساخت نیست بلکه باید به آن‌ها هزینه‌های راهبری و تعمیرات را نیز اضافه کرد. ساختمان هوشمند تمامی این هزینه ها را بوسیله کنترل اتوماتیک

و یکپارچه، مخابرات، و سیستم مدیریت کم می‌کند. در قرن بیست یکم و تغییرات فرهنگی و تکنولوژی و همچنین تغییرات فرهنگی و تکنولوژیکی و همچنین تغییر نحوه دید مردم در مورد محیط کاری و زندگی خود، چه در بخش تجاری و یا صنعتی و یا حتی مسکونی، نیاز به محیطی که حداکثر استفاده و حداقل هزینه را بتوان در آن تجربه کرد وجود دارد. سیستم‌های مختلفی که در یک ساختمان هوشمند به کار گرفته می‌شوند:

۱- سیستم مدیریت و صرفه جویی در مصرف انرژی؛
۲- سیستم‌های ایمنی جانی(Life safety)
۳- سیستم‌های مخابراتی
٤- سیستم‌های اتوماتیک سازی محل کاری

۶.۲. مدیریت و صرفه‌جویی در مصرف انرژی

طرح ساختمان هوشمند باعث شده که در مصرف انرژی به مقدار قابل ملاحظه‌ای صرفه‌جویی شود و همچنین مدیریت آن بسیار آسان گردد. سیستم‌های کامپیوتری به‌صورت قابل ملاحظه‌ای در این رابطه استفاده می‌شوند، این سیستم‌های با نام‌های مختلفی شناخته شده‌اند نام‌هایی همچون:

- سیستم اتوماتیک سازی ساختمان؛
- سیستم مدیریت انرژی؛
- سیستم مدیریت و کنترل انرژی؛
- سیستم کنترل و مونیتورینگ مرکزی.

مسئله انرژی در کشور ما سال‌ها مورد توجه نبوده و یارانه‌های آشکار و پنهان دولتی همواره شهروندان را از توجه واقعی به ارزش انرژی در اشکال مختلفش باز می‌داشته است. در سال‌های اخیر، به دلایل گوناگون لزوم محاسبه میزان مصرف صرفه جویی انرژی به‌عنوان یک ضرورت قطعی و چاره‌ناپذیر، مطرح شده است. سرعت رشد مصرف داخلی انرژی به حدی است که با روند موجود توسعه منابع نفتی شاید با گذشت چند سال و اندی دیگر قادر به صادرات نفت نباشیم. بخش ساختمان بیش از یک سوم انرژی مصرفی کشور را به‌خود اختصاص داده، که به‌نظر می‌رسد ارزش آن به قیمت جهانی سالیانه بالغ بر شش میلیارد دلار می شود. درصورتی‌که می‌توان با اجرای سیستم‌های نوین در ساختمان‌ها، این هزینه را به شکل قابل توجهی کاهش داد و هزینه‌ای را که برای پیاده‌کردن این سیستم اجرا می‌شود، را در مدت زمانی نه چندان دور از راه ذخیره انرژی بدست آورد.تغییر وضع موجود به‌سوی وضع قابل قبول تلاش هماهنگ عظیمی را از سوی مردم و مسئولین بصورت پیوسته می‌طلبد، که BMS(سیستم مدیریت یکپارچه ساختمان) همین هدف را دنبال می‌کند. در ساختمان‌های هوشمند با استفاده از سیستم‌های خودکار کنترل روشنایی ساختمان،کنترل دوربین‌های مدار بسته، کنترل درها، کنترل وضعیت‌های اضطراری همچون آتش سوزی و زلزله و بسیاری کنترل‌های هوشمند دیگر مصرف انرژی به‌نحو چشمگیری کاهش می‌یابد(Hendian & Bagherpour,۲۰۱۹)

۳ ۶. مصالح ذخیره‌کنندهٔ انرژی

همان‌طورکه از نام این مصالح پیداست، آن‌ها قادر به ذخیره انرژی هستند. مصالح ذخیره‌کنندهٔ انرژی به روش‌های مختلف عمل می‌کنند و از قابلیت برگشت پذیری برخوردار می‌باشند. برای مثال، انرژی را به شکل گرما، نور و الکتریسیته ذخیره می‌سازند. این مصالح به مصالح تغییر حالت‌دهندهٔ در معماری و ساختمان‌سازی معروف هستند و می‌توان از آن ها برای کاربردهای مختلف استفاده نمود. یکی از کاربردهای مصالح ذخیره‌کنندهٔ انرژی استفاده از آن‌ها به‌عنوان واسطه تنظیم دما است بدین‌صورت که با ذخیره‌کردن سرما یا گرما در نهان خود قادر به تنظیم دمای مکان مورد نظر هستند. علاوه بر آن می‌توانند از حالت جامد به مایع و برعکس تغییر حالت دهند. آن‌ها با پیروی از خاصیت بلوری‌شدن شکل خود را تغییر داده و انرژی گرمایی ذخیره شده در درجه حرارت‌های بالا را آزاد می‌نمایند و به جامد تبدیل می‌شوند. برعکس هنگام تبدیل شدن به مایع، حرارت خود را حتی با ورود انرژی گرمایی ثابت نگه می‌دارند (Francis & Thomas, ۲۰۲۰)

نتیجه‌گیری

موارد زیر در طراحی یک ساختمان مسکونی وجود دارد که با طراحی صحیح و هوشمند آن‌ها می‌توان از هدر رفت انرژی در ساختمان جلوگیری کرد: ۱.تأسیسات و تجهیزات گرمایشی و سرمایشی؛ ۲. تهویه؛ ۳.روشنایی؛ ۴. عایق‌بندی؛ ۵. بازشوها؛ ۶. دیوارها.

جدول۲. مواد مؤثر در طراحی

R	مورد طراحی	طرح هوشمند و ایده پایدار
۱	**تأسیسات و تجهیزات گرمایشی و سرمایشی**	۱.بکارگیری آبگرمکن خورشیدی ۲.استفاده از سلول‌های خورشیدی در بخش‌های نورگیر ساختمان
۲	**تهویه**	۱.طراحی بازشو دو طرفه در فضاهای داخلی
۳	**روشنایی**	۱.استفاده از شیشه‌ای فتوولتائیک جهت تولید برق ۲.استفاده از روشنایی مصنوعی مجهز به حس گرهای حرکتی
۴	**بازشوها**	۱.استفاده از پنجره‌های سه جداره ۲.گلخانه خورشیدی با هدف حفظ گرما ۳.بام و تراس سبز
۵	**جداره‌های خارجی**	۱.اجرای دیوارهای دو جداره ۲.عایق‌بندی حرارتی دیوارها و سقف ۳.استفاده از پوشش های با ظرفیت حرارتی بالا در دیوارها، کف و سقف ۴.استفاده از سیستم گرمایش از کف

منابع

مقالات

استرابی آشتیانی، حمیده؛ اعتصام، ایرج و ماجدی، حمید. (۱۳۹۹). «سیاست‌های فرهنگی – هویتی پروژه‌های معماری با تأکید بر شهرک اکباتان تهران». *مطالعات هنر اسلامی*، (۳۸)۱۶، ۳۷-۴۷

اصلانیان، یاشار؛ ذبیحی، حسین و رهبری‌منش، کمال. (۱۳۹۹). «ساختارشناسی مفهوم رضایتمندی مسکن با رویکرد فلسفه پدیدارشناسی (نمونهٔ موردی، خانه قاجاری شیخ‌الاسلام و چند مجتمع مسکونی در زنجان». *مطالعات هنر اسلامی*، (۳۷)۱۶، ۴۶-۲۸.

بخشی بالکانلو، عادل؛ مولانایی، صلاح‌الدین، بایزیدی، قادر. (۱۳۹۹). «معیارهای زیبایی شناسی سازه های معماری نوین در کشورهای درحال توسعه با تاکید بر معماری بیونیک». *مطالعات هنر اسلامی*، (۳۹)۱۷، ۶۷-۷۸.

حسن‌قلی‌نژاد یاسوری, کبری, مفیدی شمیرانی, سید مجید. (۱۳۹۸). «استانداردهای پایداری در شکل‌گیری ساختار و عناصر معماری اقلیم گرم و خشک». مطالعات هنر اسلامی، (۳۳)۱۵، صص۶۹-۴۴.

منابع لاتین

Araujo, A. G., Carneiro, A. M. P., & Palha, R. P. (۲۰۲۰). Sustainable construction management: A systematic review of the literature with meta-analysis. *Journal of Cleaner Production*, *256*, ۱۲۰۳۵۰.

Bamgbade, J. A., Kamaruddeen, A. M., Nawi, M. N. M., Adeleke, A. Q., Salimon, M. G., & Ajibike, W. A. (۲۰۱۹). Analysis of some factors driving ecological sustainability in construction firms. Journal of cleaner production, ۲۰۸, ۱۵۳۷-۱۵٤٥.

Carvajal-Arango, D., Bahamón-Jaramillo, S., Aristizábal-Monsalve, P., Vásquez-Hernández, A., & Botero, L. F. B. (۲۰۱۹). Relationships between lean and sustainable construction: Positive impacts of lean practices over sustainability during construction phase. *Journal of Cleaner Production*, *234*, ۱۳۲۲-۱۳۳۷.

Francis, A., & Thomas, A. (۲۰۲۰). Exploring the relationship between lean construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions. *Journal of cleaner production*, *252*, ۱۱۹۹۱۳.