



بررسی و تاثیر مصالح نوین و هوشمند در کاهش مصرف انرژی در ساختمان های مسکونی

مهرنوش قدسی

استادیار گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد هشتگرد، البرز

مهسا فرزانه

دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، البرز

میرعلی موسوی

دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، البرز

چکیده

از آنجا که مصرف زیاد انرژی یکی از دغدغه های اصلی عصر حاضر است، در طول سال های اخیر علاقه فزایندهای در توسعه راه حل های نوآورانه برای افزایش پایداری در ساختمان ها مشاهده شده است. برای ایجاد ساخت و ساز درست و حفظ محیط زیست مصالح به کاررفته در ساختمان ها نقش بسزایی دارد انتخاب مصالح ساختمانی هوشمند و مناسب باعث کاهش مصرف انرژی می شود و سلامتی بیشتر محیط زیست را تامین می کند زیرا این مصالح باعث کاهش مصرف سوخت در جهت گرمایش ساختمان ها می شود و این امر باعث کاهش نشر الاینده های هوا و گازهای گلخانه ای می شود همچنین استفاده از منابع طبیعی کاهش می یابد و جامعه به سوی معیارهای پایداری نزدیک می شود. لازمه ی دست یافتن به بناهای همگون با طبیعت، بکارگرفتن دوباره ی تکنولوژی در راستای تولید مصالح هوشمند و متریال های نوینی است که رفتار اکولوژیک ساختمان را درجهت مدیریت هوشمند انرژی پیش برده و این به معنای بکارگیری مصالحی است که به بهترین شکل خود را با تغییرات محیطی تطبیق دهد. با توجه به کاهش ذخایر انرژی بهره گیری از مصالح هوشمندی که موجب کاهش مصرف انرژی در ساختمان شوند از جمله اقدامات ضروری درعرصه ی ساختمان سازی است. دراین مقاله ابتدا به بیان مفاهیم معماری پایدار و مصالح هوشمند پرداخته و سپس با معرفی مصالح هوشمند جدید، راهکارهایی راجهت رسیدن به اهداف معماری پایدار، با استفاده از این مصالح ارائه می شود.

واژگان کلیدی: مصالح هوشمند - فناوری های نوین - ساختمان های مسکونی

مقدمه

از ابتدای دهه ۱۹۸۰ میلادی، گستره طراحی و ساخت ساختمان ها هر روز شاهد نوآوری های جدید در زمینه مصالح کارآمدتر و پربازده تر بوده است. در مسیر پیشرفت روز افزون، روز به روز بر قابلیت های مصالح افزوده شده و انسان، همواره شاهد معرفی مصالح جدید به عرصه ساخت و ساز بوده است (گلابچی ۱۳۹۰). در قرن اخیر یکی از مصالح نوین، مصالح هوشمند که تغییر پذیر بوده و ویژگیهای درونی و ظاهری آنها در واکنش به عوامل فیزیکی، شیمیایی به صورت برگشت پذیر قابل تغییر است. این مصالح، مصالح انعطاف پذیر و تطبیق پذیر نیز نامیده میشوند که به دلیل توانایی آنها در وفق دادن خود با شرایط محیطی و جوی است. (Addington, D. Michelle, 2005). در دنیای معاصر مصالح و فناوری هوشمند به تدریج این امکان را به وجود می آورد که نمای ساختمان به عنوان پوسته ای هوشمند در برابر نور، طراحی و اجر می شوند که بطور متناسب در برابر شرایط واکنش نشان میدهند، بنابراین امکان استفاده از بازشوها که از طریق واکنش در برابر هوای بیرون، تعادلی بین هوای درون و بیرون ساختمان تعادل ایجاد می کنند، نیز فراهم میشود (ثروتجو ج، ارمغان م ۱۳۹۰). شناسایی شیوه و ترجیحات رایج زندگی در جامعه و تأثیرات آن در طراحی حیاتی است. دوره معاصر در ایران، آغاز تغییرات وسیع در همه زمینه ها است (استرابی و همکاران ۱۳۹۹)

روش تحقیق

روش تحقیق در مقاله حاضر، بیشتر روش تحلیلی و توصیفی بوده و اطلاعات آن به شیوه کتابخانه ای و استفاده از منابع و اطلاعات موجود در کتب و مقالات است.

پیشینه تحقیق

در ارتباط با هوشمندسازی و فضای مسکونی پژوهشهای زیادی صورت گرفته است که به مهمترین آنها اشاره میشود:

ظفرمندی و همکاران: طی تحقیقی در سال ۱۴۰۱ با عنوان کاربرد مصالح هوشمند در طراحی معماری تعاملی نمونه موردی: بناهای هوشمند شهر تهران، به این نتیجه رسیدند مواد و مصالح هوشمند، مصالحی جدید میباشند که جهت صرفه جویی در مصرف انرژی کاربری بالا و به صرفه ای دارد که امروزه در بسیاری از ساختمان ها و محیط ها به فراوانی به کار گرفته میشوند. مصالح هوشمند انواع و اقسام مختلفی دارند که از آنها در قسمت های مختلف ساختمان اعم از داخلی و خارجی استفاده میشود. در پژوهشی که توسط ثبات ثانی و مهمان نواز در سال ۱۳۹۷ با عنوان (همنشینی بامبو و تکنولوژی شیشه های هوشمند گامی به سوی معماری همساز با طبیعت) انجام شد، دریافتند که استفاده از اکو موادهای که به سه دسته تقسیم میشوند دسته اول از ضایعات مواد موجود، مواد دور ریز و محصولات فرعی کارخانه ها، برای تولید مصالحی مانند بتن و ملات، استفاده میکند، دسته دوم منابع طبیعی نامحدود، مانند پروتئین ها و بامبوها و دسته سوم با بهبود بخشی از خواص مواد با افزودن مواد پلیمری به منابع موجود (و نیز کاربرد تکنولوژی های هوشمند به حفظ منابع و انرژی از نقطه نظر کاهش مصرف منابع و کاهش تولید آلاینده ها و در نتیجه کاهش فشار صنعت ساختمان بر محیط زیست می انجامد. ارجمندنیا در پژوهش خود در سال ۱۳۹۵ با عنوان (بهره گیری از مصالح و نماهای هوشمند بارویکرد پایدار نمونه موردی: شهرستان شهرکرد، استان چهارمحال و بختیاری) به این نتیجه رسیدند که از آنجایی که پیشرفت مصالح ساختمانی به طور مداوم ادامه می یابد و استفاده از این مصالح به طور وسیعتری مورد استفاده قرار میگیرد، تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و محیطی این مصالح افزایش می یابد. مصالح ساختمانی هوشمند راهی به سوی افزایش سرمایه و سودآوری است که ارزش مصالح و تکنولوژی و محصولات نهایی به عنوان تجارت دارای پتانسیل زودبازده افزایش می یابد. امروزه سیستم های ساختمانی هوشمند در مقایسه با ساختمان هایی که با روش سنتی ساخته میشوند، ارزشمندتر هستند و در درازمدت موجب صرفه جویی در سرمایه میشوند به دلیل اینکه طول عمر ساختمان ها افزایش می یابد. خواص مصالح هوشمند در همه انواع این مصالح از قبیل فلزی، شیشه های، پلیمر و کامپوزیت دیده و یافت میشود. مصالح شیشه ای و پلیمریک هردو قابلیت انطباق دارند، اما پلیمرها قابلیت انعطاف و تطابق بیشتری نسبت به شیشه دارند. گرچی مهربانی و حاج ابوطالبی در

پژوهش خود در سال ۱۳۸۸ با عنوان (مصالح هوشمند و نقش آن در معماری) دریافتند که مصالح هوشمند تقریباً توانی پایان ناپذیر دارند، آنها میتوانند در واکنش به محیط پیرامون خود چنان تغییر کنند که مصالح طبیعی غیرهوشمند قادر به آن نیستند. آنها قادرند تحولی مثبت در معماری، ساخت و ساز و روش زندگی ایجاد کنند، مثل رنگ دیواری که خود را تمیز نگاه داشته و در صورت آسیب دیدن به تعمیر خود میپردازد و یا دیواری که به هنگام نشت گاز یا اتصال الکتریکی در خانه هشدار می دهد. مصالح هوشمند میتوانند طبق دستور رنگ عوض کنند یا در طول روز به تولید الکتریسیته پرداخته و در شب آن را در اختیار ما قرار دهند؛ اما مهمترین تأثیر آنها در مقوله انرژی است که از مهمترین مباحث قرن پیش روست، با استفاده از مصالح هوشمند در ساختمان میتوان در بهینه نمودن مصرف انرژی بهره جست، درواقع مصالح هوشمند قادر به تعدیل افزایش روزافزون تقاضای جهانی برای منابع انرژی گرانقیمت و متریال های خام می باشند. مرور پیشینه تحقیق نشان میدهد تحقیقات زیادی به موضوع هوشمندسازی ساختمان پرداخته اند، اما این پژوهش به بررسی مؤلفه های هوشمند سازی ساختمان و همچنین هوشمند سازی نمای ساختمان ها چه با استفاده از مواد و مصالح هوشمند و چه با استفاده از سیستم های هوشمند و میزان تأثیر آنها بر مصرف انرژی در ساختمان های مسکونی میپردازد که این موضوع به نوعی نوآوری این پژوهش میباشد.

جدول پیشینه تحقیق

ردیف	نام نویسنده	سال انتشار	عنوان مقاله	توضیحات
۱	Zebu Shaikh Tamanna Naaz	۲۰۲۲	سیستم های کفیوش هوشمند در فضای داخلی، بررسی تأثیر بر رفاه	به بررسی هدف و اهمیت مواد منحصر به فرد مبتنی بر هوش مصنوعی در ساخت فضای داخلی هوشمند پرداخت و همچنین تأثیرات سلامتی را که م ی توانند از طریق استفاده از این مواد هوشمند بر ساکنان فضا رخ دهد را تحلیل میکند.
۲	Laura Andreea Dobrescu	۲۰۲۱	از مصالح ساختمانی سنتی تا هوشمند در معماری	به مقایسه مصالح ساختمانی سنتی و مصالح ساختمانی هوشمند می پردازد و بدیدگاه جدیدی را در مورد تکنیک های نوآورانه ارائه می دهد.
۳	Cristina Carvalho, Mariene Couceiro, Gianni Montagna, Carla Morais	۲۰۲۱	منسوجات در معماری کف و پوشش دیوار	به بررسی عملکرد منسوجات مورد استفاده در معماری پرداخته و به دنبال آن مطالعه ای بر روان رنگ انجام داده که در یک پروژه معماری می تواند باعث بهبود کیفیت زندگی شود.
۴	شقایق فریاد خلیجه شیخ زاده	۱۴۰۰	شناخت انواع مصالح هوشمند در صنعت ساختمان و کاربرد آن در فرایند هوشمندسازی ساختمان با	به معرفی ساختمان در تغییرات غیر مستقیم و همچنین واکنش آن به محیط پیرامون تأثیر آن بر ذخیره انرژی و جلوگیری از انقلاب آن و در نهایت بهین سازی هزینه پرداخته است.
۵	ارسلان المعی	۱۳۹۶	بررسی نقش استفاده از مصالح هوشمند در طراحی داخلی ساختمان های مسکونی با هدف بهیندسازی مصرف انرژی	با تمرکز بر معرفی دستهای از مصالح هوشمند که با بهیندسازی مصرف انرژی در ارتباط هستند. نحوه بهرمندی از آنان در معماری داخلی فضاهای مسکونی از لحاظ زیبایی شناسی کاربرد و جبه اقتصادی و پایداری زیست محیطی شرح داده شده است.
۶	ملیکا سعادت حسن سجاذزاده سعید کامیابی	۱۳۹۷	هش مصالح هوشمند با تاکید بر کاهش مصرف انرژی در صنعت ساخت و ساز	با معرفی نانوموادها و کاربرد آن در صنعت ساختمان به چگونگی عملکرد نانو مواد در فناوری های نوین ساختمان با تعریف زیر ساخت های موجود برای پایداری محیط ساخته شده. پرداخته است.
۷	هومی تریزی اول افسانه سادات حسینی	۱۳۹۶	هوشمند سازی ساختمان سازه و مصالح	به بررسی روش ها و ابزارهایی از قبیل میراگر و انواع آن و نحوه برخورد آنها بر کنترل سازه در برابر نیروی زارانه پرداخته است. و در بخش دوم به بررسی مصالح هوشمندی که با تغییرات فیزیکی و شیمیایی ویژگی دانی آن ها تغییر کرده و با به کارگیری در ساختمان باعث کاهش مصرف انرژی افزایش امنیت و راحتی ساکنان می شوند پرداخته

۸	Bogusława Konarzewsk	۲۰۱۷	بررسی مصالح هوشمندی از قبل بش خود ترمیم شود. شیشه های الکتروکرومیک مواد غیر فاز دهنده و می پردازد و در نمونه های برگزیده این موارد رو بررسی می کند.	است.
۹	Manuel Kretzer	۲۰۱۶	مصالح هوشمند در معماری: ابزارهای مفید به با کاربردهای عملی با اختراعات جذاب برای طراحی تجربی	مواد اطلاعاتی مصالح هوشمند برای معماری عظیمی
۱۰	عشان ابابکری	۱۳۹۵	مصالح هوشمند و نقش آن در معماری	به بررسی انواع مصالح هوشمند پرداخته و این مصالح را در نمونه های موردی بررسی کرده است.
۱۱	پریسا نوری محمد صافی	۱۳۹۵	طرح بهینه به کارگیری مصالح هوشمند در دیوار برشی طبقات مختلف جهت بهینه سازی لرزه ای ساختمان های بتنی	تلاش کرده اند تا محل بهینه قرارگیری آلیاژهای حافظه دار شکلی را مورد بررسی قرار دهند.
۱۲	امیر ویسی	۱۳۹۵	مصالح موشصت تحولی در معماری پایدار	به بررسی متریالهای هوشمند و معرفی مصالحی که در نما نقش بسزایی در انرژی ساختمان دارند پرداخته است و عملکرد هر یک را
۱۳	O.Davidson B.Netz	۲۰۰۷	گزارش ارزیابی چهارم و هیئت بین دولتی در مورد تغییر آب و هوا	بررسی روند انتشار کارهای گلخانه ای اقدامات و ابزار برای کاهش تغییرات آب و هوایی پرداخته اند
۱۴	Avel Ritter	۲۰۰۷	کتاب مصالح هوشمند در معماری داخلی و طراحی	به توسعه مواد هوشمند و همچنین استفاده از آن ها در زمینه معماری طراحی و هر پرداخته است.
۱۵	مایکل ادینگتون دانیل شودک	۱۳۹۰	کتاب مواد هوشمند و فناوری نانو به	بررسی مواد در معماری و طراحی پرداخته و سپس به بررسی انواع مصالح هوشمند و محیط های هوشمند پرداخته است.

بی شک استفاده از فناوریهای نوین در صنعت ساختمان متناسب با محیط پیرامون ساختمان ها باعث دوام، ماندگاری و کارکرد مؤثرتر ساختمان ها خواهد بود. ساختمان ها بخش مهمی از ثروت ملی ما محسوب می شوند. معمار آلمانی آکسل ریتر میگوید "استفاده از مواد و مصالحی که خصوصیات آنها تحت اثر گرما، نور یا رطوبت تغییر پیدا میکنند موجب انقلابی در معماری خواهد شد. ساختمان های آینده قادر خواهند بود که رنگ، اندازه و شکل خود را در تبادل با محیط پیرامون تغییر دهند. معماران آینده قادر به طراحی ساختمان هایی خواهند بود که هندسه آنها مطابق با وزن انسان هایی که درون ساختمان هستند تغییر یابند (وفامهر ، نازی دیزجی ۱۳۸۹). توجه به بحران های زیست محیطی، از دیگر دغدغه های جدی مطالعات اجتماعی در سال های اخیر به شمار می رود. در این راستا، معماری هم سو با سایر هنرها، گام در این مسیر برداشت و بحث های مبانی طراحی معماری نیز با اصلاحات اکولوژی، بحران طبیعت و پایداری قرین شد. از طرفی، تغییراتی که با توجه به معیارهای زیست محیطی و پایداری پدید می آیند، هر روز دامنه ی بحث های معماری و محیط زیست را گسترش می دهند. لذا، سخن از پایداری در معماری را می توان به تصور و طراحی ساخت و ساز آینده تعبیر کرد. آن هم نه تنها با پایداری فیزیکی ساختمان ، بلکه با پایداری و حفظ این سیاره و منابع انرژی آن.(بانی مسعود ۱۳۷۸: ۲۰۳)

۲- مبانی نظری

معماری پایدار

۱-۱-۲: واژه پایداری

واژه پایداری همراه با واژه " توسعه پایدار " امروزه در سه مبحث کلی اقتصاد جامعه انسانی و فرهنگ و محیط زیست کاربرد دارد و تصمیماتی در این حوزه معتبر برترند که به نسبتی به نقطه مشترک این سه نزدیک شوند (احمدی، ۱۳۸۲). دهخدا پایداری را به معنای با دوام و ماندنی آورده است (دهخدا ۴۷) در این چند دهه اخیر واژه " پایداری با معنای «آنچه که می تواند در آینده تداوم یابد کاربرد پیدا کرده است(بحرینی و مکنون، ۱۳۸۰).

۲-۱-۲: تعریف پایداری

واژه ی پایداری برای اولین بار در ۱۹۸۷ در کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه ی سازمان ملل به این صورت تعریف شد: پایداری عبارت است از برآوردن نیازهای نسل حاضر بدون مخدوش ساختن توانایی نسل آینده در برآوردن نیازهای خودشان. پایداری در عرصه ی زندگی شهری در سه شاخه پایداری اجتماعی، پایداری اقتصادی و پایداری زیست محیطی معرفی شد و معماران در چند ده گذشته برای رسیدن به پایداری زیست محیطی به دنبال تدوین روش ها و اصولی بودند که در قالب نامهای مختلف، از قبیل طراحی پایدار، پایداری در معماری و معماری سبز معرفی شده است (Hall, 2000). بحث پایداری از مسائل قابل توجه در جهان امروز است. از آنجایی که معماری و طراحی ساختمان ها نقش اساسی در استفاده از منابع انرژی و سازماندهی محیط زیست دارد مورد توجه بسیاری از پژوهشگران در این زمینه شده است (گرچی و همکاران، ۱۳۹۵). کاربرد مفاهیم پایداری و اهداف توسعه پایدار در جهت کاهش اتلاف انرژی و آلودگی محیط زیست در معماری بحثی به نام "معماری پایدار" را بوجود آورده است. در این نوع معماری ساختمان ها نه تنها با شرایط اقلیمی منطقه خود را تطبیق میدهند بلکه ارتباط متقابلی با آن برقرار میکنند (Faraji&Kgeiri2015).

۲-۱-۳: توسعه پایدار

تعاریف ارائه شده برای توسعه پایدار بسیار متعدد و متنوع، و مرتبط با دیدگاه هایی که سعی در تعریف آن دارند است لذا می توان اظهار داشت که این تعاریف به میزانی که افراد و گروه های جوامع تعریف کننده آن متعدد اند، متنوع می باشند. در اینجا به تعاریفی که توسط تنی چند از محققان برای این مفهوم ارائه شده است می پردازیم. فرزانه سفالینی آزاد: «مفهوم توسعه پایدار» به معنی ارائه راه حل هایی در مقابل الگوهای سنتی کالبدی، اجتماعی و اقتصادی توسعه می باشد که بتواند از بروز مسائلی همچون نابودی منابع طبیعی، تخریب اکوسیستم، آلودگی، افزایش بی رویه جمعیت، رواج بی عدالتی و پایین آمدن کیفیت زندگی انسان ها جلوگیری کند. محمد رضا جودت: تغییراتی که با توجه به معیارهای زیست اقلیمی و پایداری پدید می آیند، هر روز اهمیت بیشتری می یابند، سخن از پایداری در معماری را می توان به تصور و طراحی ساخت و سازهای آینده تعبیر کرد، آن هم نه تنها با پایداری فیزیکی ساختمان، بلکه با پایداری و حفظ این سیاره و منابع انرژی آن. بدین ترتیب این گونه به نظر می رسد که می توان پایداری را بر پایه الگویی تصور کرد که در آن، مواد و منابع در دسترس بیش از هدر دادن یا نادیده گرفتنشان، با کارایی بیشتری به کار گرفته شوند. به طور خلاصه، منظور از بوم شناسی ساختمان این است که بر قابلیت ساختمان برای تلفیق عوامل محیطی و جوی و تبدیل آنها به کیفیت های فضایی و آسایش و فرم، تمرکز گردد. دکتر سید مجید مفیدی: توسعه پایدار به معنی ارائه راه حل هایی در مقابل الگوهای فانی کالبدی، اجتماعی و اقتصادی توسعه می باشد که بتواند از بروز مسائلی همچون نابودی منابع طبیعی، تخریب سامانه های زیستی، آلودگی جهانی تغییر اقلیم، افزایش بی رویه جمعیت، بی عدالتی و پایین آمدن کیفیت زندگی انسانها جلوگیری کند. دکتر خان محمدی: انقلاب محیطی در معماری و طراحی خود را با عنوان «برنامه ریزی و طراحی پایدار» معرفی نمود. این مفهوم در قالب کلمات متعددی مطرح شد: معماری سبز، طراحی با حساسیت ها محیطی، طراحی اکولوژیکی، طراحی با طبیعت، صرف نظر از نام آنچه که از دیدگاه این طراحان پایدار نامیده می شود. شامل طراحی محیط مصنوعی است که رابطه سمبلیک، با محیط اطراف طرح، و نیز محیطی که مواد طراحی از آن منشاء گرفته اند برقرار می کند.

مسکن

۲-۱-۲: واژه مسکن

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

۲-۲-۲: ویژگی های مسکن

در بیانیه دومین اجلاس کنفرانس اجلاس بشردر استانبول ترکیه، به جای استفاده از کلمه مسکن، عبارت سرپناه مناسب استفاده شد (pham&kim.2019) 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، امنیت تصرف، ایستایی و دوام سازه‌های، روشنایی، گرما و تهویه مناسب، زیرساخت‌های مناسب از قبیل منابع آب، بهداشت و تجهیزات دفع زباله، معیارهای متناسب محیطی و سلامت، و موقعیت و دسترسی مناسب نسبت به محله‌های کار و تأسیسات زیربنایی است که همگی باید با هزینه مناسبی در دسترس باشند، مسکن به عنوان یکی از عناصر حیاتی زیست انسان و تأمین کننده نیازهای مختلف او در مقیاس ملی و بین المللی مورد توجه است. برنامه اسکان بشر سازمان ملل در دومین کنفرانس خود در استانبول ترکیه هدف اصلی دستورالعمل خود را سرپناه مناسب برای همگان و توسعه پایدار سکونتگاه‌های بشری در فرایند شهرگرایی در جهان قرار داده است (pham&kim 2019). در فصل هفتم دستور کار ۲۱ با عنوان: ترویج توسعه پایدار در اسکان بشر، نخستین برنامه این فصل، تأمین سرپناه مناسب برای همگان عنوان شده است. اصل و داشتن مسکن متناسب با نیاز، حق هر فرد و خانواده ایرانی دانسته شده است بنا بر نظرات گوناگون، خانه در سه گستره ساختمانی و کاربردی و اجتماعی معنای دقیق مییابد (قلینژاد و همکاران ۱۳۹۱).

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

خانه به مفهوم مکان زندگی، نمایانگر استقبال‌ها و اشتیاق‌های کاربردی است که انسان، واحد اندازه‌گیری و نقطه مرکزی احساس‌هایش است؛ خانه به مفهوم خانواده، نمایانگر تصور نمادینی است که واحد اندازه‌گیری و نقطه عطف آن به شکل هسته اجتماعی درآمد است در واقع، تعریف و مفهوم عام مسکن، یک واحد مسکونی نیست، بلکه کل محیط مسکونی را شامل میشود (قلینژاد و همکاران ۱۳۹۱).

وظایف معماری هوشمند

با توجه به اینکه اساس معماری هوشمند و فعال بر پایه ی تغییرات و هماهنگی با محیط پیرامونش بنا نهاده شده است و این معماری باید مشکلات حاصل از تعامل با محیط را حل نماید؛ میتوان به طور کلی محیط را ترکیبی از سه بخش اصلی زیر دانست

۱- محیط خارج که شامل اقلیم شرایط ساختگاه اجتماع و اقتصاد می باشد ۲- محیط داخل که پوسته ی ساختمان آن را در بر گرفته است و از برنامه ریزی و طراحی تا اجرا را شامل می شود، کاربران ساختمان که بایستی به رفتارها و سلاقی آنها و نیازهای فیزیکی و غیر مادی آنها توجه شود (مفیدی و روشن ضمیر ۱۳۸۸). لذا معماری هوشمند می بایست پاسخگوی نیازها و مشکلات مربوط به این سه بخش باشد از این میتوان گفت ویژگی های اصلی یک معماری هوشمند به قرار زیر است: ۱ پویایی و فعال بودن ۲- انعطاف پذیری و سازگاری با محیط ۳- واکنش پذیری و پاسخ ده بودن (مفیدی و روشن ضمیر ۱۳۸۸).

۵-۵-۲- ویژگی های اصلی نماهای هوشمند

الف) پویایی: بسیاری از پارامترها در طول زمان و با سرعت های مختلفی تغییر می کنند.

ب) غیر خطی بودن: برخی از پارامترها در مناطق مختلف رفتارهای متفاوتی از خود نشان می دهند.

ج) تصادفی بودن: برخی از پارامترها در معرض اختلالات محیطی بی نظم و غیر قابل پیش بینی ای قرار میگیرند.

د) چند بعدی بودن: بسیاری از مکانیزم های مختلف در حالاتی پیچیده متقابلا عمل می کنند.

د) غیر قابل اندازه گیری بودن: اندازه گیری برخی از متغیرها دشوار بوده، ارتباطات ناشناخته ای دارند یا ارزیابی آنها در زمان حقیقی هزینه زیادی دارد مانند رضایت ساکنین و فاکتورهای فیزیولوژیکال.

۴- مصالح یا سطوح هوشمند (Smart)

مصالح هوشمند با استفاده از ویژگی فیزیکی ذاتی و درونی خود می توانند از طریق تغییرات فیزیکی که در سطح ملکولی آنها اتفاق می افتد مانند موجودات زنده به شرایط محیطی پاسخ دهند و خود را با آن منطبق سازند. این مواد رویدادهای محیطی را حس و اطلاعات بدست آمده را پردازش کرده و نسبت به محیط و شرایط واکنش مناسب نشان می دهند. در واقع این مصالح دارای توانایی ذاتی در جهت پاسخگویی سریع به محیط هستند. به بیان دیگر این مصالح قابلیت تغییر پذیری داشته و قادرند شکل فرم رنگ و انرژی درونی خود را در پاسخ به تأثیرات فیزیکی یا شیمیایی محیط اطراف تغییر دهند. در مصالح هوشمند این تغییرات تکرار پذیر و قابل برگشت خواهد بود یکی از مهمترین ویژگی های مصالح هوشمند این است که آنها میتوانند خواص یا شکل فیزیکی خود بدون نیاز به منبع خارجی تغییر دهند یا تبادل انرژی کنند. ویژگی های مصالح هوشمند بدین ترتیب تعریف می شوند فوریت و بی درنگی پاسخ سریع زودگذر بودن پاسخگویی به بیش از یک شرایط محیطی خود انگیزی یا خود تحریک کنندگی هوش داخلی انتخابگری (پاسخی مجزا و قابل پیش بینی و مستقیم بودن یا صراحت پاسخ نسبت به اتفاق تحریک کننده محلی به این معنا که پاسخ داده شده با تحریک وارده در یک مکان قرار دارند. مصالح هوشمند تنوع و کاربردهای زیادی در معماری دارند. مهمترین کاربردهای مصالح هوشمند در صنعت ساختمان در زمینه سنسورهای کنترل سلامت سازه و رفع ارتعاشات ساختمانی سیستم های ناماسازی و طراحی داخلی هوشمند به منظور ایجاد آسایش ساکنین بنا می باشد. این مواد ویژگی های جذابی در طراحی پوسته ساختمان دارند و نظر معماران بسیاری را به خود معطوف کرده اند. مصالح هوشمند که در پوسته ساختمان استفاده می شوند را میتوان به سه گروه تقسیم کرد. (۱) مصالحی که از طریق تغییر در خواص مصالح (مانند رنگ یا شفافیت با شرایط محیط تطبیق می یابند. نمونه هایی از این نوع مصالح هوشمند عبارتند از: فیلم های ترموکرومیک فتوکرومیک، الکتروکرومیک کریستال های مایع و فیلم های ترموتروپیک

فتوتروپیک و الکتروتروپیک؛

(۲) مصالح ذخیره کننده انرژی مانند فتوولتائیک های تلفیق شده با بنا و مصالح تغییر فاز دهنده (مانند موم میکروکپسول و هیدرات های نمک (۳) گروه سوم مصالحی هستند که می توانند باعث ایجاد حرکت در نما شوند و در واقع یک نمای متحرک را ایجاد کنند مانند ترمو بی مثال، پلیمر الکترواکتیو آلیاژهای حافظه دار و شیشه زنده.

مصالح هوشمند نوع اول و دوم ساده تر هستند و در موارد بیشتری استفاده شده اند اما مصالح هوشمند نوع سوم اغلب مصالح پیشرفته و جدیدی هستند که در مرحله تحقیق و توسعه قرار دارند و کمتر در یک ساختمان واقعی به کار رفته اند، اما پتانسیل بالایی برای استفاده در پوسته ساختمان دارند. همچنین در طبقه بندی دیگری می توان گفت در مصالح گروه اول تغییر خاصیت و در مصالح گروه دوم و سوم نوعی مبادله انرژی اتفاق می افتد. در این بخش برخی از مصالح هوشمند که در پوسته ساختمان کاربرد دارند، بررسی شده اند.

۴-۱-۱- مصالح ذخیره کننده انرژی

یکی از انواع مصالح هوشمند است. همانطور که از نام این مصالح پیداست، آنها قادر به ذخیره انرژی هستند. مصالح ذخیره کننده انرژی به روش های 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 حالت دهنده در معماری و ساختمان سازی معروف هستند و میتوان از آنها برای کاربردهای مختلف استفاده کرد. یکی از کاربردهای مصالح ذخیره کننده انرژی استفاده از آنها به عنوان واسطه تنظیم دما است بدین صورت که با ذخیره کردن 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 بلوری شدن شکل خود را تغییر میدهند (Carvajal avango, 2019).

۴-۱-۲- مصالح کروموزنیک

این مصالح نیز از مصالح هوشمند هستند و به مصالحی گفته میشود که در برابر محرک هایی نظیر نور، دما، میدان الکتریکی و تزریق یون برانگیخته می شوند و نور تولید میکنند. در واقع مولکول های 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. از جمله مصالح هوشمند ساطع کننده نور میتوان به مصالح فتوکرومیک، الکتروکرومیک،

هالوکرومیک و ترموکرومیک اشاره نمود (Carvajal avango, 2019). مصالح واکنش دهنده به دما نیز از مصالح هوشمند هستند. این مصالح به صورت برگشت پذیر در برابر تغییرات دمایی اطراف خود واکنش نشان میدهند. گاهی برخی از مصالح به واسطه پوسته بیرونی، دمای درون خود را با دمای محیط تطبیق میدهند و برخی دیگر با استفاده از یک میدان الکتریکی گرمایش خود را به صورت فعال از طریق تماس بروز میدهند. از جمله کاربردهای این مصالح استفاده از آنها در سیستم های تهویه ساختمان است. برای مثال؛ برخی از این سیستم ها در دماهای مشخص با باز و بسته شدن منجر به تهویه هوای اتاق میشوند، برخی دیگر در نمای ساختمان برای تهویه استفاده میشوند (Carvajal avango, 2019).

۳-۱-۴- مصالح تغییر رنگ دهنده

مصالح تغییر رنگ دهنده نیز در زمه مصالح هوشمند هستند. مصالح تغییر رنگ دهنده به مصالحی گفته میشود که در برابر محرک های مختلف دچار تغییر رنگ میشوند. عملکرد این مصالح به صورت بازگشت پذیر 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 ویژه ای در پوشش نمای ساختمان و معماری به خود اختصاص داده اند و از نظر زیبایی شناسی کاربرد فراوانی دارند (Carvajal avango, 2019).

۴-۱-۴- مصالح تغییر دهنده مواد درونی

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 در برابر آب، گاز، بخار آب و ... قرار گیرند دچار تغییر حجم میشوند. مصالح خود تمیزشونده که به عنوان 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 ضد آب کردن نما، تمیز کردن آن، افزایش کیفیت هوا در ساختمان، رفع آلودگی ها و جذب صوت استفاده می گردد.

ترمو بی متال: یک نمونه از مصالح هوشمند که کاربردهای زیادی در معماری و به خصوص در پوسته ساختمان دارد ترمو بی متال است. ترمو بی متال مصالح هوشمندی است که به طور دینامیک به تغییرات دما پاسخ می دهد. بی متال از دو فلز ناهمجنس - با ضریب انبساط حرارتی متفاوت- تشکیل شده است که از یک سطح کاملاً به هم جوش خورده اند. این فلزهای چند لایه، وقتی در اثر تابش خورشید و گرم شدن، به طور نامساوی تغییر شکل می دهند و باعث حرکت و خم شدن در ترمو بی متال می شوند. وقتی منبع گرما از بین می رود، بی متال به شکل اولیه خود بر می گردد. با ترکیب پانل های ترمو بی متال می توان از این حرکت ساده برای توسعه سیستم های بسیار پیچیده استفاده کرد با استفاده از ترمو بی متال در نما می توان یک پوسته ساختمانی خود نگه دارنده که قادر است بدون نیاز به منبع انرژی خارجی و یا دخالت انسان، روزه های خود را برای تهویه باز کند، ایجاد کرد. با افزایش دما، فلز شروع به خم شدن می کند و انحنا ی آن در اثر کم یا زیاد شدن دما ها بیشتر شده و درز بین آن ها برای تهویه باز تر شده است. مصالح هوشمند ترمو بی متال کاربردهای دیگری نیز در معماری دارد. به عنوان مثال نوار های ترموبی متال می توانند مانند یک محافظ و سیستم سایه انداز در برابر نور خورشید عمل کنند. طوری که در زمان سایه باز باشند و در زمان نور مستقیم بسته شوند. همچنین می توان از تعداد زیادی نوار های باریک ترمو بی متال در فضای بین دو لایه شیشه در پنجره استفاده کرد. بدین ترتیب پنجره ای به دست می آید که خودش در برابر نور خورشید سایه می اندازد. این سایه اندازی فقط در نواحی که تحت تأثیر نور خورشید هستند اتفاق می افتد و از قسمت های دیگر پنجره امکان ورود نور روز را به داخل ساختمان داریم. بنابراین ساختمان می تواند در حین حرکت خورشید در طول روز سایه اندازی خود را تنظیم کند. استفاده از ترمو بی متال در پوسته ساختمان اگرچه ایده جدیدی است اما مسلماً ترمو بی متال ها پتانسیل بالایی برای استفاده در پوسته ساختمان دارند

نمونه های نما با مواد و مصالح هوشمند

نوع اول (تغییر خصوصیات)	تغییر رنگ دهنده	فتوکرومیک	شیشه های تغییر رنگ دهنده	این پنجره ها نور را جذب کرده و در خود ذخیره می کنند و تاریک می شوند.
		ترموکرومیک	شیشه های مات شونده	با گراش جریان الکتریسیته کریستال مایع شیشه شفاف می شود و قطع جریان باعث مات شدن شیشه می شود.
		الکترو کرومیک	شیشه های غیر رنگ دهنده یا غیر حالت دهنده	به کمک آن وقتی یک ولتاژ الکتریکی به مواد وصل شود. تغییر رنگ می دهند یا از شفاف به مات تغییر حالت می دهند.
	تغییر شکل دهنده	سیستم گرمایش از کف		جاگذاری مواد تغییر حالت دهنده به شکل قالب های پوشش دار در یش به از بین بردن نوسانات دمایی ناخواست کمک می کند.
		میکرو کپسول ها		در محصولات بی شماری از جمله لامپ ها و مسلمان برای کاهش نوسانات دمایی
	آلیاژهایی با حافظه	بتن خود ترمیم شونده		این نوع از بتن دارای رفتار کشتی با شکل پذیری را پلیتری زیاد و قابلیت ترک خوردگی
نوع دوم (تغییر انرژی)	فتوولتائیک	آب گرم کن خورشیدی		دستگاهی است که با جذب انرژی خورشیدی آب مورد نیاز را گرم می کند.
	ساطع کننده نور	فتولومیننی		حاصل برخورد پرتوهایی از یک منبع نور با موادی است که می توانند این انرژی دریافتی را ذخیره و با تراز انرژی پایین تر بازتاب دهند.
		الکترو لومیننیس		منبع تحریک این نوع از مصالح یک میدان مغناطیسی است یا در نتیجه اعمال و نیاز حاصل شده است.

جدول تأثیر مصالح هوشمند بر ایجاد آسایش ساکنان

کاهش مصرف انرژی	کاهش نیروی کار انسانی	افزایش عمر تجهیزات	بالا بردن امنیت جانی سالان
صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی سیستم روشنایی	سیستم به صورت هوشمند کار می کند.	هر قطعه به صورت جدا گانه قابل کنترل	اعلام هشدار در صورت به وجود آمدن کوچکترین مشکل در سیستم
۲۵۱ صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی سیستم تهوید	سیستم به صورت کامل قابل مشاهده است.	سیستم در مواقع ضروری قابلیت هشدار دادن دارد.	اجرای سناریوهای مشخص هنگام وقوع زلزاد سیل و آتش سوزی

انواع مصالح هوشمند و تأثیر آن بر آسایش ساکنان

نوع اول تغییر خصوصیات		نوع دوم الکتریسیته	
موادی که یکی از خصوصیات شیمیایی مکانیکی الکتریکی مغناطیسی حرارتی با بصری شان در پاسخ به یک یا چند محرک خارجی تغییر می کند.		موادی که انرژی را از نوعی به نوع دیگر تبدیل می کنند تا وضعیت نهایی مطلوب را ایجاد کنند.	
تغییر رنگ دهنده	غیر شکل دهنده	آلیاژهایی با حافظه شکلی	فتوولتائیک ها
شیشه های تغییر رنگ دهنده شیشه های مات شوند، شیشه های غیر حالت دهنده	سیستم گرمایش میکروکپسول ها	۱ بتن خود ترمیم شونده	۱ آبگرم کن خورشیدی
کاربرد در معماری		الکترو لومیننس	

کاهش مصرف انرژی کاهش هزینه های ساکنان ایجاد زیبایی بصری، سهولت در استفاده	استفاده از انرژی طبیعی کاهش مصرف برق جهت ایجاد گرمایش کاهش هزینه های ساکنان	ترمیم هوشمند ترک های یت بالا بردن امنیت ساکنان افزایش طول عمر ساختمان	کاهش نوسانات دمایی تاثیر مثبت بر گرمایش و	کنترل دید. کنترل ورود و خروج نور، کنترل سرمایش و گرمایش زیبایی بصری	تگیری اسایش ساکنان
---	---	---	---	---	--------------------

مجمنوی ۱۴۰۲

بحث و نتیجه گیری

با استفاده از مصالح هوشمند در ساختمان می توان در بهینه نمودن مصرف انرژی بهره جست. زیرا همانطور که مشاهده گردید اکثر مصالح و فرآورده های مورد بحث در این نوشتار به طور مستقیم و یا غیر مستقیم انرژی مورد نیاز خود را از محیط پیرامونی می گیرند. در واقع مصالح هوشمند قادر به تعدیل افزایش روز افزون تقاضای جهانی برای منابع انرژی گران قیمت و متربال های خام میباشند. از آنجا که بخش عمده ای از انرژی مصرفی کل کشور در بخش ساختمان است و استفاده از سیستم های مدیریت انرژی باعث برنامه ریزی در مصرف بهینه انرژی و در نتیجه صرفه جویی و بهینه کردن مصرف انرژی میگردد و هزینه ها نیز در صورت کاهش مصرف انرژی در حد قابل توجهی کاهش می یابد، در عین حال تعامل صحیح با محیط زیست را مد نظر دارد. ایجاد معماری پایدار و همساز با اقلیم، از اهداف طراحان و سازندگان ساختمان های هوشمند و ساخت آنها با مصالحی چون مصالح هوشمند است. در حال حاضر تکنولوژی برای طراحی و ساخت ساختمان های هوشمند با سیستم های کنترلی و مصالح هوشمند موجود است. مصالح هوشمند معمولاً به عنوان بخشی منطقی از خط سیر توسعه مصالح به سوی بازدهی انتخابی تر و خاص تر میباشند. با عرضه مواد هوشمند، توانمندی ها و امکانات تو در اختیار مهندسان و طراحان قرار خواهد گرفت. این مصالح میتوانند سبب بهبود روش های طراحی و ساخت ساختمان ها شوند. استفاده از این مصالح عمر بنا را از ۵۰ سال به ۱۰۰ سال افزایش داده و سبب صرفه جویی در هزینه های نگهداری است که به مراتب بیشتر از هزینه های ساخت میباشد و همچنین بهره گیری از این عناصر میتواند سبب کاهش اثرات منفی زیست محیطی و نزدیک شدن جامعه به سوی معیارهای پایداری گردد. تحقیق و پژوهش بر روی مواد جدید افقهای جدیدی را فراروی طراحان معمار و سازه قرار می دهد. هوشمند سازی و بطور خاص استفاده از مواد و مصالح هوشمند که نسبت به مسایل محیطی واکنش نشان میدهند موجب صرفه جویی تسهیل در تعمیر و نگهداری بناها، عمر مفید بیشتر ساختمانها، طراحی سازه هایی با امنیت بیشتر و ایجاد آسایش و اطمینان برای ساکنان ساختمانها و طراحی های خلاقانه تر معماری می شود آنچه مسلم است علوم بشری در زمینه شناخت و تحقیق بر روی مواد و مصالح هوشمند با خصوصیاتی قابل دستکاری در ابتدای راه است و در این زمینه نیاز به پژوهش ها، سرمایه گذاری های بیشتر و همچنین استاندارد سازی و تجارب عملی اینگونه مواد برای مصارف عمومی تر در ساختمان ها بیش از پیش احساس می شود.

منابع

- م ثروتجو ح، ارمغان م، نمای دو پوسته، هوشمندی، پایداری و مدیریت انرژی، همایش ملی عمران، معماری، شهرسازی و مدیریت انرژی، اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی اردستان. ۱۳۹۰
- استرابی آشتیانی، حمیده؛ اعتصام، ایرج و ماجدی، حمید. (۱۳۹۹). «سیاستهای فرهنگی – هویتی پروژههای معماری با تأکید بر شهرک اکباتان تهران». مطالعات هنر اسلامی، ۴۱۶، (۳۸).
- گلابچی، محمود، تقی زاده، کنایون، سروش نیا، احسان، ۰۹۸۱، نانو فناوری در معماری و مهندسی ساختمان، انتشارات دانشگاه تهران، تهران
- مهرگان، مهسا، ۱۳۹۰، مصالح هوشمند و ضرورت تغییر در بهره گیری انسان از طبیعت (تأمین مصالح مورد نیاز سازگار با محیط، همایش منطقه ای معماری و مصالح ساخت، مرکز آموزشی و فرهنگی سما واحد ساری

افشاری بصیر ، نفیسه ، افشاری بصیر ، محمدرضا ، ۰۹۸۱. ساختمانهای هوشمند گامی به سوی فناوری نوین در ساخت ، دومینکنفرانس بین المللی معماری و سازه ، دانشگاه تهران .

بانی مسعود ، امیر ، ۱۳۸۷ ، پست مدرنیته و معماری ، نشر خاک ، اصفهان

وفامهر ، محسن ، نازی دیزجی ، سجاد ، ۱۳۸۹ ، کاربرد مصالح هوشمند در معماری ، ماهنامه بین المللی راه و ساختمان ، سالهشتم ، شماره ۷۴ ، ص ۸۰.

ابراهیمی ا، سپرک لیه ، ۱۳۹۷. تأثیرنماهای دپوستره درکاهش مصرف انرژی درساختمان های بلند مرتبه، همایش ملی عمران، معماری، شهرسازی ومدیریت انرژی، اصفهان، دانشگاه آزاداسالمی اردستان

ابوطالب، ن. (۱۳۹۵). کاربرد مصالح هوشمند در طراحی ساختمانهای آینده با محوریت معماری پایدار، کنفرانس بینالمللی پژوهش در مهندسی، علوم و تکنولوژی، ۱-۱۴.

احمدی، فرهاد، ۱۳۷۷ ، مقاله معماری پایدار، مجله آبادی، شماره ۵ سری جدید، تهران، وزارت مسکن و شهرسازی، خلیجی، کیوان و صفدری، داود، شاخصهای باهمستانهای پایدار و استفاده از آن در فرایند توسعه شهری، مجله آبادی، شماره ۶۶ ، تهران، وزارت مسکن و شهرسازی۱۳۸۹.

ادینگتون، م. و شودک، د. (۱۳۹۲). فناوریهای هوشمند و کاربردهای آن در معماری و طراحی. چاپ اول. ترجمه مهدوی نژاد، م. ج. و موالی، م. م. مرکز تحقیقات راه، مسکن وشهرسازی. تهران

بیگی ع ، ۱۳۸۸ ، معرفی تایل های فتوولتائیک به عنوان عناصرمعماری- تأسیساتی، مجموعه مقالات اولین همایش ملی معماری پایدار، همدان، مرکزآموزشی وفرهنگی سما، ۱۳-۱۲ اسفندماه.

توسلی، ن. نماهای هوشمند، تعاملی و پاسخگو، نخستین همایش ملی سیستم های هوشمند مدیریت ساختمان با رویکرد بهینه سازی مصرف انرژی، قزوین، سازمان نظام مهندسی ساختمان استان قزوین، ۱۳۹۳.

دهقانی، م. حق پناه، م. بررسی راهکارهای معماری هوشمند در راستای بهینه سازی مصرف انرژی با رویکرد انرژی خورشیدی، اولین همایش منطقه ای عمران و معماری.

راجرز ، ریچارد ، ۱۳۹۲ ، شهرهای پایدار ، ترجمه افضلیان ، خسرو ، انتشارات کتابکده کسری ، مشهد

رایت ، دیوید ، ۱۳۸۹ ، الفبای معماری پایدار ، ترجمه شالی امینی ، وحید ، پرهام ، نقش ، تهران

۳۱. ماهنامه طاق، ۱۳۸۸. (Glass Smart) ۱۱- شفای بجستانی ج. شیشه هوشمند،

شیخ لویی بناب و ، شقاقی ش. ۱۳۸۳، چگونگی شکل گیری یک ساختمان مسکونی پایدار با استفاده از مواد و مصالح هوشمند در شهر تبریز مقالات فصلنامه مطالعات هنر اسلامی، دوره ۱۹، شماره ۴۷

۱۱۸ - ۱۴۹ : عینی فر، علیرضا. (۱۳۷۹) . عوامل انسانی-محیطی موثر در طراحی مجتمع های مسکونی. نشریه هنرهای زیبا ۸

کلانتر مهرجردی ن. کارایی انرژی در پوست ساختمان، (۲۵) ۵۰ ، فصلنامه معماری و ساختمان، ۱۳۹۸.

مفیدی، م. (۱۳۹۶). ساختمان هوشمند. چاپ اول. انتشارات سیمای دانش. تهران

نصراللهی، ف.، ضوابط معماری و شهرسازی کاهش دهنده مصرف انرژی ساختمان ها، نشست کمیته ملی انرژی ایران ۱۳۹۰.

نعمتی، ر.، حسنزاده، م.، و ملکی، م. (۱۳۹۷). استفاده از تکنولوژیهای نوین در بررسی ساختمانهای هوشمند با تأکید بر رفاه اجتماعی. مجله نخبگان علوم و مهندسی، ۳(۳)، ۴۸-۵۸.

هدایی ا، (۱۳۹۲). مروری بر مفهوم و عملکرد نمای هوشمند. معماری و فرهنگ، سال چهاردهم، شماره ۵۱، ۳۷-۳۲.

هنرور، س. و حقیقی، ج. (۱۴۰۰). بررسی تکنولوژی ساختمانهای هوشمند با تأکید بر استفاده از فناوریهای نوین معماری در کاهش انرژی ساختمان. شباک، ۷(۲)، ۳۹-۵۱.

Al Dakheel, J., Del Pero, C., Aste, N., & Leonforte, F. (2020). Smart buildings features and key performance indicators: A review. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102328.

Ballestini, G., DeCarli, M., Masiero, N., & Tombola, G. (2005). Possibilities and limitations of natural ventilation in restored industrial archaeology buildings with a double-skin façade in Mediterranean climates. *Build Environ*, 40, 983- 995.

Carlos Ernesto Ochoa, Isaac Guedi Capeluto. (2008). in *Intelligent facades in hot climates: energy and comfort*. Conference on Passive and Low Energy Architecture, (p. 1). Dublin. Moore, 2003.

Ismagilova, E., Hughes, L., Dwivedi, Y. K., & Raman, K. R. (2019). Smart cities: Advances in research—An information systems perspective. *International journal of information management*, 47, 88-100.

Kumar, A., Sharma, S., Goyal, N., Singh, A., Cheng, X., & Singh, P. (2021). Secure and energy-efficient smart building architecture with emerging technology IoT. *Computer Communications*, 176, 207-217.

Miyazaki, T., Akisawa, A., & Kashiwagi, T. (2005). Energy savings of office buildings by the use of semi-transparent solar cells for windows. *Renewable Energy*, 30, 281–304.

Nasrolahi, F., Samimi, M. *Intelligent Design using Solar-Climatic Vision : Energy and Comfort Improvement in Architecture and Urban Planning using SOLARCHVISION*, Berlin Universitätsverlag der TU Berlin; BHRC, 2014

Skaff, M.C., Gosselin, L. (2014). Summer performance of ventilated windows with absorbing or smart glazings. *Solar Energy*, 105, 2-13.

Skelly, M. (2000). Essay competition: The individual and the intelligent facade. *Building Research & Information*, 28(1), 67-69.

Suralkar, R. (2011). *Solar Responsive Kinetic Facade Shading Systems inspired by plant movements in nature*. Proceedings of Conference: People and Buildings. held at the offices of Arup UK, 23rd

Velikov, K., & Thun, G. (2012). Responsive Building Envelopes: Characteristics and Evolving Paradigms. In F. Trubiano, *Design and Construction of High-Performance Homes: Building Envelopes, Renewable Energies and Integrated Practice* (pp. 75-92). Routledge

Yun, G.Y., McEvoy, M., & Steemers, K. (2007). Design and overall energy performance of a ventilated photovoltaic facade. *Solar Energy*, 81, 383–394.

Yang, H., Burnett, J., & Ji, J. (2000). Simple approach to cooling load component calculation through PV walls. *Energy and Buildings*, 31, 285- 290

Investigation and impact of new and smart materials in reducing energy consumption in residential buildings

Mehrnosh ghodsii

Assistant Professor, Department of Architecture, Islamic Azad University, Hashtgerd Branch, Alborz

Mahsa farzane

Master of Architecture student, Islamic Azad University, Karaj branch, Alborz

Mir ali mousavi

Master of Architecture student, Islamic Azad University, Karaj branch, Alborz

Abstract

Since the excessive consumption of energy is one of the main concerns of the present age, during the recent years there has been an increasing interest in the development of innovative solutions to increase the sustainability in buildings. In order to create a proper construction and preserve the environment, the materials used in the buildings play a significant role. Choosing smart and suitable building materials reduces energy consumption and provides more health to the environment because these materials reduce fuel consumption in the direction of heating, buildings, and this reduces the emission of air pollutants and greenhouse gases, as well as the use of natural resources, and the society approaches sustainability criteria. It is necessary to achieve buildings that are compatible with nature, to use technology again in the direction of producing smart materials and new materials that advance the ecological behavior of the building to intelligent energy management, and this means using materials that adapt to changes in the best way. According to the reduction of energy reserves, the use of smart materials that reduce energy consumption in buildings is one of the necessary measures in the field of construction. In this article, firstly, the concepts of sustainable architecture and smart materials are discussed, and then, by introducing new smart materials, solutions are presented to achieve the goals of sustainable architecture, using these materials.

Keywords: Smart materials - new technologies - residential buildings