واکاوی تأثیر مصالح هوشمند در ارتقاء آسایش ساکنان

سیده مریم مجتبوی[۱]**، نگین ارغوانی**[۲]

تاریخ دریافت: ۰۵-۰۳-۱۴۰۲، تاریخ پذیرش: ۱۴-۰۵-۱۴۰۲

DOI: 10.22034/RAU.2023.2002009.1043

چکیده

ساختمان‌های فعلی قادر به ایجاد آسایش و راحتی برای ساکنان خود نیستند. با پیشرفت و توسعه در زمینهٔ مصالح و فرآورده‌ها و همچنین روش‌های ساخت، حرکت به سوی ساختمان‌هایی با کارایی بالاتر و صرفهٔ اقتصادی بیشتر، امری لازم و ضروری است. استفاده از مصالح هوشمند که مطابق با تغییرات و شرایط محیطی واکنش نشان می‌دهند، تأثیر چشمگیری در بالا رفتن عمر مفید ساختمان و ایجاد آسایش برای ساکنان به همراه خواهد داشت. این پژوهش به شناخت مصالح هوشمند به عنوان یکی از انواع مصالح نوین و بررسی تأثیرات آن در ایجاد آسایش برای ساکنان پرداخته است. روش پژوهش حاضر کیفی و از نوع توصیفی تحلیلی است. گردآوری اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای اسنادی صورت گرفته و پس از بررسی مقالات و منابع معتبر، جهت تحلیل کیفی از روش سندلوسکی و باروسور که الگویی ساختارمند در روش فراترکیب است استفاده شده و بر اساس آن چهارچوب نظری پژوهش ارائه شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد، مصالح هوشمند به دو دستهٔ مصالح تغییر خصوصیات‌دهنده و مصالح تغییر انرژی‌دهنده تقسیم می‌شوند. این دو دسته مصالح با وجود تفاوت‌های عمده، نسبت به تغییرات در محیط پیرامون خصوصیت واحدی دارند و واکنش مؤثری نشان می‌دهند. این واکنش ویژگی‌های مثبتی چون کاهش هزینه‌های ساختمان، جلوگیری از اتلاف انرژی، کنترل دید، تغییر شفافیت و تغییر رنگ را در پی دارد و موجب ایجاد تنوع، ارتقای کیفیت فضا و افزایش آسایش ساکنان می‌شود.

کلیدواژگان: مصالح نوین، مصالح هوشمند، ساختمان هوشمند، ارتقای آسایش.

۱. استادیار گروه معماری، موسسه آموزش عالی فردوس، مشهد، ایران (نویسندهٔ مسئول).
Email: m.mojtabavi@ferdowsmashhad.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد معماری داخلی، گروه معماری، موسسه آموزش عالی فردوس، مشهد، ایران.
Email: Negin.arghavany@gmail.com

مقدمه

باور بر این است که تغییرات اقلیمی در جهان به‌سرعت پیش می‌رود و نگرانی بسیاری در مورد افزایش مصرف انرژی و تأثیرات مخرب آن بر روی محیط زیست وجود دارد (لوین[۱]، ۲۰۰۷). اغلب منابع انرژی که امروزه ما از آن بهره می‌بریم از منابع تجدیدناپذیر هستند، یعنی روزی به اتمام خواهند رسید. از طرفی بسیاری از این منابع آسیب‌های جبران‌ناپذیری به محیط زیست وارد می‌کنند؛ که در کوتاه‌مدت احساس نمی‌شود (فریاد و همکاران، ۱۴۰۰، ۲). ظهور و توسعه سرمایه‌داری سیر تحول ساخت‌وساز را تعیین می‌کند زیرا در حال حاضر نیاز به ساخت‌وسازهای عمرانی، صنعتی و نظامی بسیار مهم است (لورا آندریا دوبرسکو[۲]، ۲۰۲۱: ۲). امروزه با توسعه فنون در زمینهٔ مصالح و روش‌های ساخت، ساختمان‌هایی با کارایی بالاتر، از نظر اقتصادی بهتر و باصرفه‌تر و همچنین سازگاری بیشتر با محیط زیست ساخته شده‌اند که تحت عنوان «مصالح هوشمند» به جامعه مهندسی و معماری ارائه شده است (فریاد و همکاران، ۱۴۰۰). هوشمند[۳]، باهوش[۴]، حساس[۵] همه برای تعریف ساختارها و مصالحی به کار می‌روند که شامل حسگرها و محرک‌ها بوده و توانایی سازگاری با تحریکات خارجی مانند بارها و تحریکات محیط را دارند (جهانس، ۱۳۸۶، ۱۱۸). فلسفهٔ اصلی تکنولوژی ساختمان هوشمند بر اساس محوریت بخشیدن به شخص استفاده کننده و نیازهای او پایه‌ریزی شده. در نهایت هدف، افزایش آگاهی انسان برای استفاده از این‌گونه ساختمان‌ها و رفاه و آرامش بیشتر وی است (شهریاری، ۱۴۰۰).

طبقه‌بندی پیشنهادی مصالح هوشمند بر پایه خاصیت‌های زیر ارائه شده است:

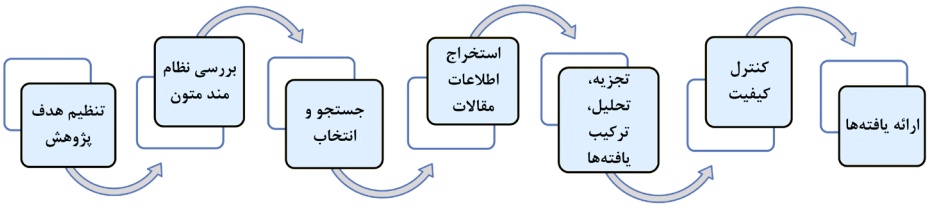
۱.مصالح هوشمند دارای قابلیت تغییر خواص درونی شامل: مصالح هوشمند تغییر شکل‌دهنده، مصالح هوشمند تغییر رنگ‌دهنده، مصالح هوشمند تغییر پیونددهنده

۲. مصالح هوشمند دارای قابلیت مبادلهٔ انرژی شامل: مصالح هوشمندساطع‌کنندهٔ‌نور، مصالح‌هوشمندتولیدکنندهٔ‌الکتریسیته، مصالح هوشمند ذخیره‌کنندهٔ انرژی (آذربایجانی، ۱۳۸۲).

ساختمان‌های آینده باید توانایی داشته باشند که با به‌کارگیری فناوری‌های نوین و ایجاد محیطی سالم‌تر، میزان بازدهی را بالاتر برده، امنیت را افزایش داده و از هدر رفتن انرژی جلوگیری نمایند. با وجود مشکلات موجود در حوزهٔ شهرسازی و معماری حال حاضر و بحران انرژی که جهان امروز با آن مواجه است، لزوم توجه هرچه بیشتر به فناوری‌های جدید و نقش آن‌ها در بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان الزامی است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش شناخت انواع مصالح نوین، دسته‌بندی انواع مصالح هوشمند و بررسی کاربرد آن‌ها در معماری است و همچنین بررسی تأثیر انواع مصالح هوشمند مورد استفاده در معماری، بر آسایش ساکنان هدف فرعی این پژوهش را شکل می‌دهد. جهت دستیابی به این اهداف سؤالات پیش رو مطرح می‌شوند: - انواع مصالح نوین کدام‌اند؟ - مصالح هوشمند به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ - کاربرد انواع مصالح هوشمند در معماری به چه صورت است؟ - تأثیر هرکدام از مصالح هوشمند مورد استفاده در معماری، بر آسایش ساکنان چگونه است؟

روش تحقیق

پژوهش حاضر از نوع کیفی است و با هدف شناسایی و استخراج مدل مفهومی انجام شده است، لذا ماهیت اکتشافی دارد و از نظر هدف، کاربردی است. ابزار گردآوری اطلاعات در این پژوهش مطالعات کتابخانه‌ای اسنادی بوده است. در گام اول، منابع مرتبط با کلمات کلیدی پژوهش از طریق پایگاه‌های داده، نشریه‌ها، کنفرانس‌ها و موتورهای جست‌وجوی مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند و در گام دوم جهت تحلیل کیفی متون منتخب، از روش سندلوسکی و باروسور که الگویی ساختارمند



نمودار۱. مراحل هفت‌گانهٔ فراترکیب، برگرفته از سندلوسکی و باروسور، ۲۰۰۷.

DOI: 10.22034/RAU.2023.2002009.1043

در روش فراترکیب است استفاده شده است.

در ادامه به منظور جست‌وجوی نظام‌مند متون پیش از هر اقدام، محدوده جست‌وجو و انتخاب مقاله‌های مناسب در فراترکیب مشخص شد. برای این منظور تلاش شد منابع منتشر شده توسط صاحب‌نظران این حوزه در پایگاه‌های داده‌ها، مجلات، همایش‌ها و موتورهای جست‌وجوی مختلف برای مطالعات انگلیسی از سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۳ و برای منابع فارسی از ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۱ بررسی شود. برای جست‌وجوی مطالعات از واژگان کلیدی چون «مصالح هوشمند» و «آسایش» و «ساختمان‌های هوشمند» و «مصالح نوین» استفاده گردید. در مرحلهٔ سوم فراترکیب بر اساس نتایج اولیه جست‌وجو ۵۰ مقاله و کتاب شناسایی گردید و برای انتخاب مطالعات مرتبط با هدف پژوهش مواردی چون عنوان، محتوا و کیفیت روش‌شناسی مورد توجه قرار گرفت که در نهایت ۲۶ مورد انتخاب گردید.

در گام چهارم فراترکیب، اطلاعات لازم از مقالات استخراج شده و در گام پنجم، مؤلفه‌ها و شاخص‌ها و مفاهیم مستخرج از مطالعه و بررسی مقالات، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نتایج حاصل از آن در قالب جدول ارائه شده‌اند (جدول۱). در گام آخر نتایج در قالب دیاگرام و مدل مفهومی ارائه شده است.

پیشینه پژوهش

از جمع‌بندی مقالات بررسی‌شده در رابطه با پژوهش پیشِ رو، «جدول۱» تهیه شده است.

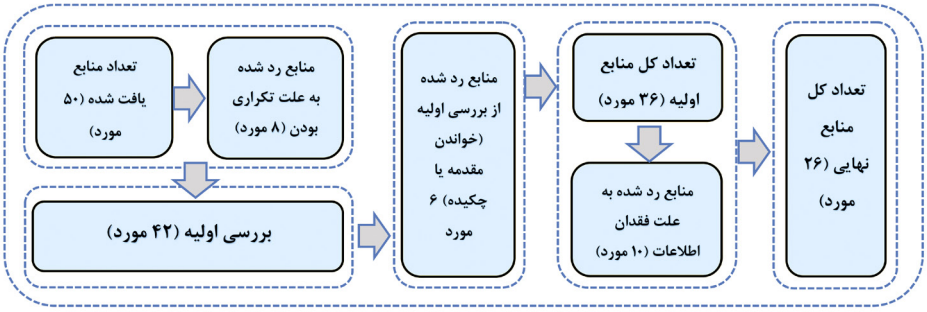
چهارچوب نظری پژوهش

مصالح نوین

بدون شک معماران و طراحان تا حد زیادی از ارزش محیط‌های پویا و پاسخگو در رابطه با تغییر تقاضاها و نیازهای کاربران آگاه هستند (کریتزر، ۲۰۱۶، ۱۸). هدف معماران و طراحان همگی ارائهٔ طرح، فناوری و در نهایت اثری است که بتواند تمامی ابعاد زندگی بشری را پوشش دهد و توانایی رفع موانعی از قبیل کاهش هزینه و زمان اجرا، افزایش عمر مفید ساختمان‌ها را دارا باشد. در این مسیر پیشرفت، روزبه‌روز بر قابلیت‌های مصالح افزوده شده و انسان، همواره شاهد معرفی مصالح جدید به عرصه ساخت‌وساز بوده است (فریاد و همکاران، ۱۴۰۰، ۲). استفاده از مواد نوآورانه می‌تواند پروژه را از لحاظ زیبایی‌شناسی غنی کند و صرفاً به عنوان یک عامل متمایزکننده یا تزئینی استفاده شود، اما بیش از آن می‌تواند راحتی خانه‌ها را بهبود بخشد و به صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی دست یابد (کریستینا کاروالیو و همکاران[۶]، ۲۰۲۱، ۱). ساختمان‌های آینده باید بتوانند با به‌کارگیری فناوری‌های نوین و ایجاد محیطی سالم‌تر، میزان بازدهی را بالاتر برده، امنیت را افزایش داده و از هدر رفتن انرژی جلوگیری نمایند (میربخت، ۱۳۹۵، ۶).

مصالحی را که در ذیل به توضیح آن‌ها می‌پردازیم، مصالح و مواد خامی هستند که دارای پتانسیل‌های خاص و کاربردی در زمینهٔ معماری و ساخت‌وسازند. این فهرست با توجه به ویژگی‌ها، ساختار و خصوصیات درونی این مواد تهیه شده که در این پژوهش تنها به بررسی مصالح هوشمند پرداخته شده است.

یکی از اهداف معماری، استفاده از مصالح هوشمند مصرف بهینه انرژی و بهبود کارایی آن است. ازاین‌رو کاربرد مصالح هوشمند که با فناوری‌های نوین تولید می‌شوند ازجمله راهکارهای پیشنهادی برای رسیدن به این مهم است.



نمودار۲. فرایند جست‌وجو و ورود منابع.

جدول ۱. پیشینه پژوهش.

نام نویسنده	سال انتشار	عنوان مقاله	توضیحات
Zeba Shaikh, Tamanna Naaz, Banafsha Rajput	۲۰۲۲	سیستم‌های کفپوش هوشمند در فضای داخلی، بررسی تأثیر بر رفاه	به بررسی هدف و اهمیت مواد منحصربه‌فرد مبتنی بر هوش مصنوعی در ساخت فضای داخلی هوشمند پردازد و همچنین تأثیرات سلامتی را که می‌تواند از طریق استفاده از این مواد هوشمند بر ساکنان فضا رخ دهد را تحلیل می‌کند.
Laura Andreea Dobrescu	۲۰۲۱	از مصالح ساختمانی سنتی تا هوشمند در معماری	به مقایسه مصالح ساختمانی سنتی و مصالح ساختمانی هوشمند می‌پردازد و دیدگاه جدیدی را در مورد تکنیک‌های نوآورانه ارائه می‌دهد.
Cristina Carvalho, Marlene 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 مطالعه‌ای بر روی رنگ انجام داده، که در یک پروژه معماری می‌تواند باعث بهبود کیفیت زندگی شود
شقایق فریاد خدیجه شیخ‌زاده	۱۴۰۰	شناخت انواع مصالح هوشمند در صنعت ساختمان و کاربرد آن در فرایند هوشمندسازی ساختمان بنا	به معرفی ساختمان در تغییرات مستقیم و غیر مستقیم و همچنین واکنش آن به محیط پیرامون تأثیر آن بر ذخیره انرژی و جلوگیری از اتلاف آن و در نهایت بهینه‌سازی هزینه، پرداخته است.
ارسلان المعی	۱۳۹۹	بررسی نقش استفاده از مصالح هوشمند در طراحی داخلی ساختمان‌های مسکونی با هدف بهینه‌سازی مصرف انرژی	با تمرکز بر معرفی دسته‌ای از مصالح هوشمند که با بهینه‌سازی مصرف انرژی در ارتباط هستند، نحوهٔ بهره‌مندی از آنان در معماری داخلی فضاهای مسکونی از لحاظ زیبایی‌شناسی، کاربرد و جنبه اقتصادی و پایداری زیست‌محیطی شرح داده شده است.
ملیکا سعادتی حسن سجادزاده سعید کامیابی	۱۳۹۷	نقش مصالح هوشمند با تأکید بر کاهش مصرف انرژی در صنعت ساخت‌وساز	با معرفی نانومواد‌ها و کاربرد آن در صنعت ساختمان، به چگونگی عملکرد نانو مواد در فناوری‌های نوین ساختمان با تعریف زیرساخت‌های موجود برای پایداری محیط ساخته شده، پرداخته است
هومن تبریزی اول افسانه سادات حسینی	۱۳۹۶	هوشمندسازی ساختمان (سازه و مصالح)	به بررسی روش‌ها و ابزارهایی از قبیل میراگر و انواع آن و نحوه برخورد آنها بر کنترل سازه در برابر نیروی زلزله پرداخته است. و در بخش دوم به بررسی مصالح هوشمندی که با تغییرات فیزیکی و شیمیایی ویژگی ذاتی آن‌ها تغییر کرده و با به‌کارگیری در ساختمان باعث کاهش مصرف انرژی، افزایش امنیت و راحتی ساکنان می‌شوند پرداخته است.
Bogusława Konarzewsk	۲۰۱۷	مصالح هوشمند در معماری: ابزارهای مفید با کاربردهای عملی یا اختراعات جذاب برای طراحی تجربی؟	به بررسی مصالح هوشمندی از قبیل بتن خودترمیم شونده، شیشه‌های الکتروکرومیک، مواد تغییر فاز دهنده و... می‌پردازد و در نمونه‌های برگزیده این موارد رو بررسی می‌کند
Manuel Kretzer	۲۰۱۶	مواد اطلاعاتی: مصالح هوشمند برای معماری تطبیقی	به توضیح انواع مصالح هوشمند پرداخته و این مصالح را در نمونه‌های موردی بررسی کرده است
عدنان ابابکری هاله امجدی	۱۳۹۵	مصالح هوشمند و نقش آن در معماری	به بررسی انواع، خصوصیات و کاربرد مصاله هوشمند در معماری و صنعت ساختمان پرداخته است.
پریسا نوری محمد صافی	۱۳۹۵	طرح بهینه به‌کارگیری مصالح هوشمند در دیوار برشی طبقات مختلف جهت بهینه‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های بتنی مسلح	تلاش کرده‌اند تا محل بهینه قرارگیری آلیاژهای حافظه‌دار شکلی را مورد بررسی قرار دهند.
امیر ویسی	۱۳۹۵	مصالح هوشمند، تحولی در معماری پایدار	به بررسی متریال‌های هوشمند و معرفی مصالحی که در نما نقش بسزایی در انرژی ساختمان دارند پرداخته است و عملکرد هریک را به‌تفصیل مورد بررسی قرار داده است.
O.Davidson B.Netz	۲۰۰۷	گزارش ارزیابی چهارم و هیئت بین دولتی در مورد تغییر آب‌وهوا	بررسی روند انتشار گازهای گلخانه‌ای، اقدامات و ابزار برای کاهش تغییرات آب و هوایی پرداخته‌اند.
Axel Ritter	۲۰۰۷	کتاب مصالح هوشمند در معماری داخلی و طراحی	به توسعه مواد هوشمند و همچنین استفاده از آن‌ها در زمینه معماری، طراحی و هنر پرداخته است.
مایکل آدینگتون 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 محیط‌های هوشمند پرداخته است.

DOI: 10.22034/RAU.2023.2002009.1043

جدول ۲. معرفی انواع مصالح نوین.

انواع مصالح نوین							
مصالح بازیافتی	مصالح تجزیه‌پذیر زیستی	زیست مواد	مصالح تغییرناپذیر	مصالح هوشمند	مصالح هیبریدی	مصالح با ساختار فسیل‌واره	مصالح نانو
توضیحات							
از قسمت‌های ارزشمند مواد دست دوم و زباله‌های تمیز تهیه می‌شود.	پس از پایان عمر و مدفون شدن در خاک، تجزیه شده و تهدیدی برای محیط زیست به حساب نمی‌آیند.	شامل پلاستیک‌ها و سایر مصالحی که از منابع تجدیدپذیر بوجود می‌آیند.	مصالحی مانند آلیاژ فولاد که تأثیرات فیزیکی و شیمیایی در آن‌ها اثر ندارد.	خاصیت تغییرپذیری دارند و قادرند مشخصه‌های ظاهری یا درونی خود را در پاسخ به تأثیرات فیزیکی و شیمیایی به صورت برگشت‌پذیر تغییر دهند.	از تلفیق دو یا چند ترکیب متفاوت ایجاد شده‌اند.	نوعی مصالح مرکب با لایه‌های ملحق شده تدریجی و نتیجه یک تغییر پیوسته.	از موادی با مقیاس نانو ساخته می‌شوند و به عنوان پوشش نهایی در ساخت فراورده‌ها بکار می‌رود.

مصالح هوشمند

مصالح هوشمند یک اصطلاح جدید برای مصالح و فراورده‌هایی هستند که توانایی درک رویدادهای محیطی را داشته و نسبت به آن واکنش مناسب نشان می‌دهند (عباسعلی، ۱۳۸۶). و با شرایط سازگار می‌شوند. کاربرد مصالح و سیستم‌های هوشمند در صرفه‌جویی در مصرف انرژی نقش بنیادین ایفا می‌کند. این مواد یکی از جهت‌گیری‌های مهم در توسعه مواد جدید با فناوری پیشرفته مدرن، تحقق عملکرد ساختاری و تنوع عملکردی هستند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۳، ۱)

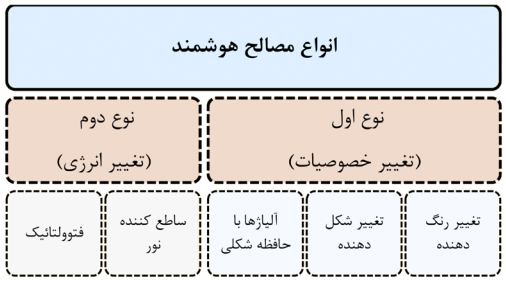
مصالح هوشمند تحت عنوان مصالح «انعطاف‌پذیر» و «تطبیق‌پذیر» نیز شناخته می‌شوند و این به دلیل ویژگی خاص آن‌ها در تنظیم نمودن خود با شرایط محیطی است (ادینگتون و شودک، ۲۰۰۵). تغییرات رنگ، تغییر حالت‌های فیزیکی یا تغییرات دمایی، به صورت برگشت‌پذیر قابل تغییر هستند (کونارژوسکا[۷]، ۲۰۱۷، ۱). انواع مصالح هوشمند در نمودار زیر قابل مشاهده است. (نمودار۳)

کاربرد مصالح هوشمند در معماری:

با توجه به رشد تصاعدی جمعیت، پیشرفت تکنولوژی و اقتصاد، مصرف جهانی انرژی هر روز با سرعت نگران‌کننده‌ای در حال افزایش است. در یک بررسی جدید، گزارش شده که بیش از ۴۰ درصد انرژی در ساختمان‌ها برای پاسخگویی به نیاز ساکنان مصرف می‌شود (الله خان و همکاران، ۲۰۲۳، ۱). مصالح هوشمند تقریباً توانی بی‌پایان دارند، آن‌ها می‌توانند در واکنش به محیط پیرامون خود چنان تغییر کنند که مصالح طبیعی قادر به آن نیستند. این مصالح در سقف، کف، دیوارها، نما و در فضای داخلی معماری به کار می‌روند و با تغییراتی که ایجاد می‌کنند باعث جذابیت و بهبود فضای داخلی معماری می‌شوند (ابابکری و همکاران، ۱۳۹۵، ۶). استفاده از فناوری نوآورانه متمرکز بر مواد هوشمند، پتانسیل افزایش سریع پایداری ساختمان را دارد (زیبا شیخ[۸]، ۲۰۲۲، ۱).

نوع اول (تغییر خصوصیات): موادی که یکی از خصوصیات: شیمیایی، مکانیکی، الکتریکی، مغناطیسی، حرارتی یا بصری‌شان در پاسخ به یک یا چند محرک خارجی، بدون احتیاج به کنترل از خارج، تغییر می‌کند (حسینی و رحمانی، ۱۳۹۳، ۳). مصالح هوشمند نوع اول به سه دسته تقسیم می‌شود که به‌اختصار به توضیح هرکدام پرداخته و کاربرد آن در معماری بیان شده است.

مصالح تغییر رنگ دهنده: این مصالح قادرند رنگ یا



نمودار ۳. انواع مصالح هوشمند.

مشخصه‌های بصری خود را در پاسخ به یک یا چندین محرک خارجی به صورت برگشت‌پذیر تغییر دهند. که شامل انواع مختلفی‌اند ولی تعدادی از آن‌ها که در کاربردهای معمارانه بسیار مورد توجه‌اند شامل مصالح فتوکرومیک، ترموکرومیک و الکتروکرومیک‌اند (ادینگتون و شودک، ۲۰۰۵). این نوع از مصالح بیشتر در قالب شیشه‌ها و پنجره‌های هوشمند کاربرد دارند.

امروزه همراه با توسعه و پیشرفت روزافزون تکنولوژی در عرصه‌های مختلف زندگی بشر، فناوری تولید شیشه و پنجره‌های هوشمند، تأثیرات شگرفی بر کیفیت فضای داخلی ساختمان‌ها داشته است (المعی، ۱۳۹۹، ۷). کلمهٔ پنجرهٔ هوشمند به هر سامانه‌ای اطلاق می‌شود که دارای سطح تعامل با محیط بوده اعم از این‌که این پنجره واقعی یا صرفاً یک عنصر بصری باشد. پنجره‌های شیشه‌ای هوشمند می‌توانند شفافیت و محافظت در برابر حرارت بهتری نسبت به پنجره‌های سنتی داشته باشند. علاوه بر این، می‌توان آن‌ها را طوری طراحی کرد که ویژگی‌های منحصربه‌فردی مانند کنترل تیرگی، تغییر رنگ، مدیریت انعطاف‌پذیر UV و گرما، و تمرکز خورشیدی را نشان دهند (القحطانی و همکاران، ۲۰۲۲، ۲). در ادامه به بررسی انواع شیشه‌های مورد استفاده در پنجره‌های هوشمند پرداخته می‌شود.

شیشه‌های تغییر رنگ دهنده (فتوکرومیک): اخیراً دانشمندان، موفق به ساخت پنجره‌هایی شدند که در آن از ابرخازن‌ها استفاده شده است. این ابرخازن‌ها درون پنجره‌های الکترونیکی قرار داده شده‌اند؛ پنجره‌هایی که قادر به تغییر رنگ هستند. زمانی که تابش نور خورشید شدید است. این پنجره‌ها نور را جذب کرده و در خود ذخیره می‌کنند، زمانی که ظرفیت این پنجره‌ها تکمیل شد، شیشه‌ها تاریک شده و عبور نور را محدود می‌کند. با این کار مقدار نور ورودی به خانه و دمای آن تحت کنترل درمی‌آید و از سوی دیگر انرژی ذخیره‌شده در آن را می‌توان برای استفاده در ادوات الکترونیکی دیگر نظیر نمایشگرهای تلویزیونی بکار گرفت (سعادتی و همکاران، ۱۳۹۷، ۷).

شیشه‌های مات شونده (ترموکرومیک): ساختمان درونی این شیشه از دو لایهٔ شفاف قلع به عنوان الکترود تشکیل شده، که لایه‌ای از کریستال مایع بین آن‌ها ساندویچ شده است. با گذراندن جریان الکتریسیته از فیلم، کریستال مایع شیشه شفاف می‌شود. با قطع جریان، کریستال‌ها با جهت‌گیری تصادفی خود در فضا موجب پخش کردن نور و درنتیجه مات شدن شیشه می‌شوند.

شیشه‌های الکتروکرومیک: شیشه‌های هوشمند مانع عبور بخش مشخصی از پرتو خورشید شده و به ساختمان‌ها برای حفظ انرژی بیشتر کمک می‌کنند. میزان مصرف انرژی می‌تواند به‌وسیلهٔ افزایش بازده گرمایی در هوای سرد و کاهش آن در هوای گرم با استفاده ازاین‌گونه پنجره‌ها بهبود یابد (شاعری و همکاران، ۱۳۹۹، ۹۳). این نوع از شیشه‌ها متشکل از پوشش‌های چندلایه‌ای هستند که با اعمال ولتاژ پایین، مهاجرت یون صورت می‌پذیرد که منجر به مدولاسیون خواص نوری آن می‌شود که به عنوان تغییر رنگ لعاب دیده می‌شود. این مدولاسیون برگشت‌پذیر است و درنتیجه امکان کنترل دینامیکی گرمای خورشیدی و نور روز ورودی به ساختمان را فراهم می‌کند (اومودا‌کا و همکاران، ۲۰۲۲).

مواد تغییر شکل دهنده: این گروه از مصالح که دارای قابلیت تغییر خواص درونی خود هستند در پاسخ به محرکات خارجی، تغییراتی در شکل و ابعاد خود ایجاد می‌کنند (Ritter, 2007). یکی از نمونه موارد استفاده از این فناوری در سیستم‌های گرمایش از کف است. در مناطق سرد، کف گرم دارای مواد تغییر شکل‌دهنده، یک تکنیک برجسته است که می‌تواند عملکرد حرارتی بالا را تضمین کند و نیازهای آسایش حرارتی ساکنان را برآورده کند (باباهارا و همکاران، ۲۰۲۲، ۳). در بیشتر مناطق سیستم‌های گرمایش از کف که در قالب‌های بتنی نصب می‌شود، می‌توانند گرمای مناسبی ایجاد کند، اما دمای قالب‌های بتنی باید در سطح مطلوبی نگه داشته شود و این یعنی دمای اولیه بالایی لازم است، به‌این‌ترتیب با چرخه‌های ناخواسته و نوسانات دمایی مواجه هستیم. جاگذاری مواد تغییر حالت دهنده به شکل قالب‌های پوشش‌دار در بتن، به از بین بردن نوسانات دمایی ناخواسته کمک می‌کند. ازجمله موارد دیگر می‌توان به استفاده از این مصالح در قالب میکروکپسول‌ها اشاره کرد که در محصولات بی‌شماری ازجمله لامپ‌ها و مبلمان، جهت کاهش نوسانات دمایی، کاربرد دارد (ادینگتون و شودک، ۲۰۰۵).

آلیاژهای حافظه‌دار شکلی: آلیاژهای حافظه‌دار شکلی به علت دارا بودن خصوصیاتی همچون: توانایی حفظ شکل اولیه، تحمل کرنش ارتجاعی قابل توجه، مقاومت در برابر خستگی و خوردگی و ... کاربردهای فراوانی را در زمینه‌های مختلف علوم

DOI: 10.22034/RAU.2023.2002009.1043

مهندسی و صنعت پیدا کرده‌اند (دسروچز[۹] و همکاران، ۲۰۰۴).

بتن خود ترمیم شونده: بتن ماده‌ای با ساختار چند فازی و با اجزاء مختلف است. این ساختار شامل فازهای نامنظم کریستالی از ابعاد میکرومتر تا نانومتر است. در دنیای امروز بتن بعد از آب پراستفاده‌ترین ماده در جهان محسوب می‌شود (سعادتی و همکاران، ۱۳۹۷، ۵). همان‌طورکه مشهود است یکی از ضعف‌های مشهور در بتن، ترک‌خوردگی مصالح بتنی و درنتیجه کاهش ایمنی و دوام سازه‌ها است (تبریزی اول و همکاران، ۱۳۹۶، ۷). با به وجود آمدن نگرش‌هایی که بر پایهٔ نانو فناوری است پتانسیلی برای مصالح شناسان فراهم شد تا بتوانند تغییرات اساسی در ساختار این مواد به وجود آورند تا ویژگی مطلوب بتن بهبود یابد (ویسی، ۱۳۹۵، ۱۵). این نوع از بتن با استفاده از آلیاژهای حافظه‌دار شکلی، به دلیل رفتار کششی با شکل‌پذیری زیاد و قابلیت ترک‌خوردگی متعدد، می‌تواند عرض ترک‌ها را بسیار کوچک نگه داشته و اثر ترک‌خوردگی بتن را کمتر کند (تبریزی اول و حسینی، ۱۳۹۶، ۷).

نوع دوم (تغییر انرژی): موادی که انرژی را از نوعی به نوع دیگر تبدیل می‌کنند تا وضعیت نهایی مطلوب را ایجاد کنند (حسینی و رحمانی، ۱۳۹۳، ۳). مصالح هوشمند نوع دوم به دو دسته تقسیم می‌شود که به‌اختصار به توضیح هرکدام پرداخته و کاربرد آن در معماری بیان شده است.

سیستم‌های فتوولتائیک: این قبیل سیستم‌ها مصالح هوشمند را در پوششی از سلول‌هایی ادغام می‌کنند که نور خورشید را به برق تبدیل می‌کنند. سیستم‌هایی فتوولتائیک به طور فعال به منظور کاهش مسائل زیست‌محیطی مانند اثر گلخانه‌ای و آلودگی هوا ترویج می‌شوند آن‌ها معمولاً مانند پانل‌ها با بام‌های مشرف به جنوب سازگار هستند (جیمانو، ۲۰۰۸).

آب‌گرم‌کن خورشیدی: دستگاهی است که با جذب انرژی خورشیدی، آب مورد نیاز را گرم می‌کند. استفاده از انرژی خورشیدی جهت گرم کردن آب به دلیل رایگان بودن این منبع عظیم انرژی از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه است. آب‌گرم‌کن خورشیدی که نیاز چندانی به نگهداری ندارد در ساختمان‌های مسکونی و استخرهای شنا قابل استفاده است و می‌تواند بین ۳۰ تا ۷۰ درصد از آب مورد نیاز ساختمان را گرم نگه دارد.

مواد ساطع‌کنندهٔ نور: مصالح و فرآورده‌هایی هستند که ملکول‌های درون آن‌ها با تأثیر انرژی‌هایی مثل روشنایی یا میدان الکتریکی، برانگیخته شده و از خود نور تولید می‌کنند. این پدیده در واقع یک حالت موقتی برای مولکول‌ها است. از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین آن‌ها در زمینه معماری، مصالح فتولومینس و الکترولومینس است (ویسی، ۱۳۹۵، ۹).

الف. **مصالح فتولومینس:** نوعی از درخشندگی که حاصل برخورد پرتوهایی از یک منبع نور با موادی است که می‌توانند این انرژی دریافتی را ذخیره و با تراز انرژی پایین‌تر بازتاب دهند. از نمونه مثال‌های این مصالح می‌توان به لامپ‌های فلورسنت اشاره کرد. (ادینگتون و شودک، ۲۰۰۵، ۱۴۶).

ب. **مصالح الکترولومینس:** منبع تحریک این نوع از مصالح، یک میدان مغناطیسی است یا درنتیجه اعمال ولتاژ حاصل شده است.از این مواد بیشتر در نوارهای نوری و پانل‌های مختلف استفاده می‌شود (ادینگتون و شودک، ۲۰۰۵، ۱۴۷).

در «جدول ۳» انواع مصالح هوشمند قابل مشاهده است.

آسایش در معماری

بنا به تعریف، آسایش (comfort) به شرایطی از هوا گفته می‌شود که در آن ۹۷٪ افراد احساس راحتی کرده‌اند. رسیدن به شرایط آسایش ایدئال بسیار دشوار است زیرا شرایط آسایش برای منطقه‌ای با منطقهٔ دیگر تفاوت دارد (شیخ‌لویی و شقاقی، ۱۴۰۱، ۳۰۹).

در میان مباحث مربوط به مصالح هوشمند و بهینه‌سازی انرژی آنچه بیش از همه اهمیت دارد، تأمین آسایش ساکنان فضا در کنار سایر جنبه‌هاست. از همین رو در طراحی سازگار با محیط زیست، شناخت مواد اولیهٔ تشکیل‌دهندهٔ مصالح، در جهت کاهش اثرات مخرب بر سلامت انسان و محیط، امری لازم و حیاتی است (المعی، ۱۳۹۹، ۲). یک سیستم ساختمانی هوشمند پیشرفته می‌توان سیستم ایمنی، انتقال بار، گرمایش، تهویه مطبوع و ... را به‌آسانی کنترل کرد (علیخانی، ۱۳۸۴). در «جدول ۴» تأثیرات مصالح هوشمند بر ایجاد آسایش ساکنان، قابل مشاهده است.

یافته‌ها

با بررسی‌های انجام شده پیرامون ویژگی‌های مصالح هوشمند، می‌توان به این مسئله اذعان داشت که این مصالح قادرند با توجه به تغییرات محیط و نیاز انسان، به صورت برگشت‌پذیر ویژگی‌های ظاهری خود را تغییر داده و علاوه بر کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی، باعث افزایش امنیت، راحتی و ایجاد

جدول ۳. انواع مصالح هوشمند.

انواع				توضیحات
انواع مصالح هوشمند	نوع اول (تغییر خصوصیات)	تغییر رنگ دهنده	فتوکرومیک	شیشه‌های تغییر رنگ دهنده	این پنجره‌ها نور را جذب کرده و در خود ذخیره می‌کنند و تاریک می‌شوند.
			ترموکرومیک	شیشه‌های مات شونده	با گذراندن جریان الکتریسیته، کریستال مایع شیشه شفاف می‌شود و قطع جریان، باعث مات شدن شیشه می‌شود.
			الکترو کرومیک	شیشه‌های تغییر رنگ دهنده یا تغییر حالت دهنده.	به کمک آن وقتی یک ولتاژ الکتریکی به مواد وصل شود، تغییر رنگ می‌دهند یا از شفاف به مات تغییر حالت می‌دهند.
		تغییر شکل دهنده	سیستم گرمایش از کف		جاگذاری مواد تغییر حالت دهنده به شکل قالب‌های پوشش‌دار در بتن، به از بین بردن نوسانات دمایی ناخواسته کمک می‌کند.
			میکرو کپسول‌ها		در محصولات بی‌شماری ازجمله لامپ‌ها و مبلمان برای کاهش نوسانات دمایی کاربرد دارد.
		آلیاژهایی با حافظهٔ شکلی	بتن خود ترمیم شونده		این نوع از بتن دارای رفتار کششی با شکل‌پذیری زیاد و قابلیت ترک‌خوردگی متعدد است.
	نوع دوم (تغییر انرژی)	فتوولتائیک	آب‌گرم‌کن خورشیدی		دستگاهی است که با جذب انرژی خورشیدی، آب مورد نیاز را گرم می‌کند.
		ساطع کننده نور	فتولومینس		حاصل برخورد پرتوهایی از یک منبع نور با موادی است که می‌توانند این انرژی دریافتی را ذخیره و با تراز انرژی پایین‌تر بازتاب دهند.
			الکترولومینس		منبع تحریک این نوع از مصالح، یک میدان مغناطیسی است یا در نتیجهٔ اعمال ولتاژ حاصل‌شده است.

جدول ۴. تأثیر مصالح هوشمند بر ایجاد آسایش ساکنان.

کاهش مصرف انرژی	کاهش نیروی کار انسانی	افزایش عمر تجهیزات	بالا بردن امنیت جانی ساکنان
٪۶۰ صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی سیستم روشنایی	سیستم به صورت هوشمند کار می‌کند.	هر قطعه به صورت جداگانه قابل کنترل است.	اعلام هشدار در صورت به وجود آمدن کوچک‌ترین مشکل در سیستم.
٪۴۵ صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی سیستم تهویه	سیستم به صورت کامل قابل مشاهده است.	سیستم در مواقع ضروری قابلیت هشدار دادن دارد.	اجرای سناریوهای مشخص هنگام وقوع زلزله، سیل و آتش‌سوزی
٪۲۵ صرفه‌جویی در مصرف انرژی در سیستم گرمایشی	سیستم به‌راحتی توسط یک نیروی خبره قابل کنترل است.		

جدول ۵. انواع مصالح هوشمند و تأثیر آن بر آسایش ساکنان.

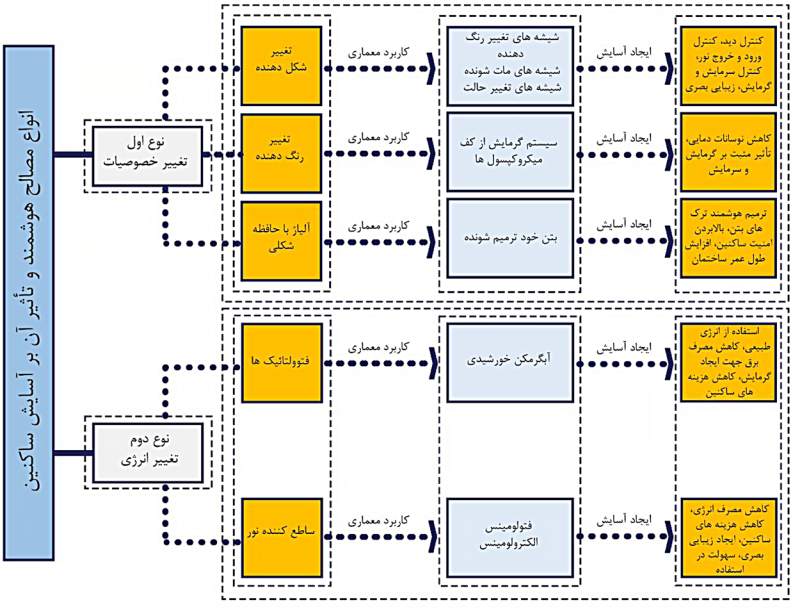
انواع	نوع اول (تغییر خصوصیات)			نوع دوم (تغییر انرژی)	
	موادی که یکی از خصوصیات : شیمیایی، مکانیکی، الکتریکی، مغناطیسی، حرارتی یا بصری‌شان در پاسخ به یک یا چند محرک خارجی، تغییر می‌کند.			موادی که انرژی را از نوعی به نوع دیگر تبدیل می‌کنند تا وضعیت نهایی مطلوب را ایجاد کنند.	
	تغییر رنگ دهنده	تغییر شکل‌دهنده	آلیاژهایی با حافظهٔ شکلی	فتوولتائیک‌ها	ساطع‌کننده نور
کاربرد در معماری	۱. شیشه‌های تغییر رنگ‌دهنده ۲. شیشه‌های مات‌شونده ۳. شیشه‌های تغییر حالت دهنده	۱. سیستم گرمایش از کف ۲. میکروکپسول‌ها	۱. بتن خود ترمیم‌شونده	۱. آب‌گرم‌کن خورشیدی	۱. فتولومینس ۲.الکترولومینس
تأثیر بر آسایش ساکنان	کنترل دید، کنترل ورود و خروج نور، کنترل سرمایش و گرمایش، زیبایی بصری	کاهش نوسانات دمایی، تأثیر مثبت بر گرمایش و سرمایش	ترمیم هوشمند ترک‌های بتن، بالا بردن امنیت ساکنان، افزایش طول عمر ساختمان	استفاده از انرژی طبیعی، کاهش مصرف برق جهت ایجاد گرمایش، کاهش هزینه‌های ساکنان	کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های ساکنان، ایجاد زیبایی بصری، سهولت در استفاده

DOI: 10.22034/RAU.2023.2002009.1043

رفاه برای ساکنان یک ساختمان شوند، با توجه به مطالعات و نتایج مطرح‌شده، چهارچوب نظری پژوهش به صورت جدول طراحی شده است (جدول۵).

نتیجه‌گیری

انسان‌ها امروزه در جامعه‌ای زندگی می‌کنند که هر روز نسبت به روز پیش نیازمند امنیت و آسایش بیشتری هستند و سهم بسزایی از این نیاز در قالب ساخت‌وساز خلاصه شده است. منظور از ساخت‌وساز به‌کارگیری یک معماری اصولی در جهان است. امروزه مصالح نوین سهم بسزایی در کیفیت ساختمان‌سازی، صرفه‌جویی انرژی و حفاظت زیستی دارند. ازجمله مصالح نوین می‌توان به مصالح بازیافتی، مصالح تجزیه‌پذیر زیستی، زیست مواد، مصالح تغییرناپذیر، مصالح هوشمند، مصالح هیبریدی، مصالح با ساختار فسیل‌واره و مصالح نانو اشاره نمود که در این میان مصالح هوشمند بیش از سایر مصالح مورد توجه معماران و مهندسان قرار گرفته است. مصالح هوشمند با توجه به رویدادهای محیطی به صورت برگشت‌پذیر از خود واکنش مناسب نشان می‌دهند. مصالح هوشمند به دو دستهٔ مصالح تغییر خصوصیات‌دهنده و تغییر انرژی‌دهنده تقسیم می‌شوند. انواع مصالح هوشمند تغییر خصوصیت‌دهنده عبارتند از: مصالح تغییر رنگ‌دهنده که کاربرد آن‌ها در معماری شامل انواع شیشه‌های تغییر رنگ‌دهنده، مات‌شونده و تغییر حالت دهنده است. کاربرد مصالح تغییر شکل‌دهنده در معماری در سیستم‌های گرمایش از کف و میکروکپسول‌ها است. مصالح آلیاژ با حافظهٔ شکلی که کاربرد آن‌ها در معماری بتن خودترمیم‌شونده است. انواع مصالح هوشمند تغییردهندهٔ انرژی عبارت‌اند از: مصالح فتوولتائیک که در معماری آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی کاربرد دارند. مصالح ساطع‌کنندهٔ نور در معماری فتولومینس و الکترولومینس‌ها کاربرد دارند. این قبیل مصالح با وجود تفاوت‌های عمده، از یک خصوصیت واحد برخوردار هستند و آن واکنش مؤثر به تغییرات در محیط پیرامون است. آن‌ها قادرند تحولی مثبت در معماری، ساخت‌وساز و روش زندگی ایجاد کنند و پاسخگوی نیازهای مختلف کاربران باشند و در کنار ویژگی‌های مثبتی چون کاهش هزینه‌های ساختمان، جلوگیری از اتلاف انرژی، کنترل دید، تغییر شفافیت و تغییر رنگ بر تنوع و کیفیت فضا بیفزایند. در حقیقت تکنولوژی ساختمان‌های هوشمند بر پایهٔ اهمیت دادن به ساکنان استفاده‌کننده و رفع نیازهایشان عمل می‌کند.



نمودار ۴. چکیده تصویری پژوهش.

پی‌نوشت‌ها

1. Levin et el
2. Laura Andreea Dobrescu
3. Inteligent
4. Smart
5. Adaptive
6. Cristina Carvalho, Marlene Couceiro, Gianni Montagna, Carla Morais
7. Bogusława Konarzewska
8. Zeba Shaikh, Tamanna Naaz & Banafsha Rajput
9. DesRoches R

فهرست منابع

ابابکری، عدنان؛ امجدی، هاله (۱۳۹۵)، مصالح هوشمند و نقش آن در معماری، *دومین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری*، تهران.

آذربایجانی، مونا؛ سید مجید مفیدی (۱۳۸۲)، مفهوم معماری پایدار، *سومین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور.*

المعی، ارسلان (۱۳۹۹)، بررسی نقش استفاده از مصالح هوشمند در طراحی داخلی ساختمان‌های مسکونی با هدف بهینه‌سازی مصرف انرژی، *اولین کنفرانس محیط زیست، عمران، معماری و شهرسازی*، استانبول، ترکیه.

جهانس، رافائل (۱۳۸۶)، مواد و مصالح هوشمند، *معماری و ساختمان*، شماره ۱۴، ۱۱۶-۱۱۹.

حسینی، یاسمن؛ رحمانی قصبه، محمد (۱۳۹۴)، طراحی پایدار زیست‌محیطی مبتنی بر استفاده از مصالح هوشمند، *کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و زیرساخت‌های شهری*، تبریز.

سعادتی، ملیکا؛ سجادزاده، حسن؛ کامیابی، سعید (۱۳۹۷)، نقش مصالح هوشمند با تأکید بر کاهش مصرف انرژی در صنعت ساخت و ساز، *مجله مهندسی مکانیک و ارتعاشات*، شماره ۱، دوره ۱۰، ۵۹-۶۹.

شاعری، جلیل؛ یعقوبی، محمود؛ وکیلی‌نژاد، رزا (۱۳۹۹)، تأثیر شیشهٔ الکتروکرومیک بر بار سرمایش ساختمان‌های اداری در اقلیم گرم و مرطوب، گرم و خشک و سرد ایران، نشریهٔ علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت انرژی، سال ۱۰، شماره ۳، ۹۰-۹۹.

شهریاری، رهام؛ رضاپناه، محمدحسین (۱۴۰۰)، بررسی نقش مصالح هوشمند در معماری داخلی، *هفتمین کنگره سالانه بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری*، تهران، ایران.

شیخ لویی بناب، وحید؛ شقاقی، شهریار (۱۴۰۱)، چگونگی شکل‌گیری یک ساختمان مسکونی پایدار با استفاده از مواد و مصالح هوشمند در شهر تبریز، نشریه مطالعات هنر اسلامی، شماره۴۷، دوره ۱۹، ۳۰۳-۳۱۸.

صدیق ضیابری، سیده حدیثه (۱۳۸۸)، بررسی نمونه‌هایی از استفاده تکنولوژی سبز در معماری ساختمان‌های برتر جهان، *اولین همایش معماری پایدار*، همدان.

عباسعلیپور، سمیرا (۱۳۸۶)، نانوخانه‌ها، خانه‌های آینده، *فصلنامه هنرهای زیبا*، شماره ۳۰، ۸۳-۹۰.

علیخانی، هادی (۱۳۸۰)، پنجره‌های هوشمند، *اولین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان*، جلد دوم، ۱۰۱-۱۰۷، تهران.

فرياد، شقایق؛ شیخ‌زاده، خدیجه؛ صفری، سیما (۱۴۰۰)، شناخت انواع مصالح هوشمند در صنعت ساختمان و کاربرد آن در فرایند هوشمندسازی بنا، *کنفرانس ملی معماری، عمران، شهرسازی و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب*، تبریز، ایران.

فرياد، شقایق؛ عفتی کارنمونه؛ محمد، حمیدی، امیرحسین (۱۴۰۰)، جایگاه مصالح هوشمتد به منظور کاهش اثرات زیست محیطی و افزایش طول عمر ساختمان، *سومین همایش ملی مدیریت دانش و کسب وکارهای الکترونیکی با رویکرد اقتصاد مقاومتی*، مؤسسه آموزش عالی فردوس.

میربخت، سمانه (۱۳۹۵)، روش‌ها و فناوری‌های نو در معماری، *سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی*، آلمان.

نوری، پریسا؛ صافی، محمد (۱۳۹۵)، طرح بهینه بکارگیری مصالح هوشمند در دیوار برشی طبقات مختلف جهت بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بتنی مسلح، *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، دوره ۶، شماره ۴، ۳۲۹ - ۳۴۰.

تبریزی اول، هومن، حسینی، افسانه سادات (۱۳۹۶)، هوشمندسازی *ساختمان* (سازه و مصالح)، *کنفرانس ملی معماری و شهرسازی*.

ویسی، امیر (۱۳۹۵)، مصالح هوشمند، تحولی در معماری پایدار، *چهارمین کنفرانس بین‌المللی پژوهشی در مهندسی علوم و تکنولوژی*، یونان.

Al-Qahtani, Salhah D., Omar Alzahrani, Seraj, Snari, Razan M., Al-Ahmed, Zehbah A, Alkhamis, Kholood, Al-hasani, Mona, El-Metwaly, Nashwa M. (2022). Preparation of photoluminescent and photochromic smart glass window using sol-gel technique and lanthanides-activated aluminate phosphor. Ceramics International. Volume48. Issue12.

Babaharra, Oumayma, Choukairy, Khadija, Hamdaoui, Said, Khallaki, Kaoutar, Hayani Mounir, Sana. (2022). Thermal behavior evaluation of a radiant floor heating system incorporates a microencapsulated phase change material. Construction and Building Materials. Volume 330.

Bogusława Konarzewska, (2017). “Smart Mate-

DOI: 10.22034/RAU.2023.2002009.1043

rials in Architecture: Useful Tools with Practical Applications or Fascinating Inventions for Experimental Design?", *Materials Science and Engineering*.

Cristina Carvalho, Marlene Couceiro, Gianni Montagna, Carla Morais, (2021). "Textiles in Architecture: Floors and Wall Coverings", *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, USA.

DesRoches R, Delemont M. (2002). Seismic retrofit of simply supported bridges using shape memory alloys, *Engineering Structures*, VOL.24. 325-32.

Dobrescu, L. A. (2021). From Traditional to Smart Building Materials in Architecture. In IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering* (Vol. 1203, No. 3, p. 032113). IOP Publishing.

Levine, M., Urge-Vorsatz, D., K. Blok, L.G., Harvey, D., Lang, S., Levermore, G., Mehlwana, A. M., Mirasgedis, S., Novikova, A., Rilling, J. and Yoshin, H. (2007) 'Residential and commercial buildings'. In B.Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave and L. A. Meyer (eds.), Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press. USA, 387-446.

Manuel Kretzer, (2016). "Information Materials: Smart Materials for Adaptive Architecture", *institute of technology in architecture Zurich*, Switzerland.

Dzimano, Gwinyai, (2008), Modeling of photovoltaic systems, B.S. A Thesis, Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science, *Graduate School of The Ohio State University*.

Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press; 2007. p.387-446.

Ritter, Axel, (2007). "Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design", *Birkhauser, Switzerland.*

Ullah Khan, Samee, Khan, Noman , Min Ullah, Fath U, Je Kim, Min, Young Lee, Mi, Wook Baik ,Sung. (2023). Towards intelligent building energy management: AI-based framework for power consumption and generation forecasting. Volume 279.

Wang, Hong, Yang, Liang, Yang, Yanning, Zhang, Dongsheng, Tian, Aifen. (2023). Highly flexible, large-deformation ionic polymer metal composites for artificial muscles: Fabrication, properties, applications, and prospects. Chemical Engineering Journal. Volume 469.

Yuichi Omodaka, Kyosuke Hiyama, Yutaka Oura, Yukiyasu Asaoka., (2022), Adaptation of electrochromic glass into an airflow window system and its performance evaluation, *Japan Architectural Review*, Volume 5, Issue 3, 235-246.

Zeba Shaikh, Tamanna Naaz, Banafsha Rajput, (2022). "Intelligent Flooring Systems in Interiors-Exploring the Impact on Well-Being", *Applications of Computational Methods in Manufacturing and Product Design*, USA, 361-375.

Rahpooye Memari-o Sahrsazi
(Quarterly Journal of Architecture and Urbanism)
Vol. 2, No. 7, Autumn 2023

Analyzing the Effect of Smart Materials in Improving the Comfort of Residents

Seyedeh Maryam Mojtboyi[1], **Nagin Arghwani**[2]

Received: 2023-05-26, Accepted: 2023-08-05
DOI: 10.22034/RAU.2023.2002009.1043

Abstract

Current buildings cannot provide comfort and convenience for their residents. With progress and development in materials products and construction methods, it is necessary to move towards buildings with higher efficiency and greater economic efficiency. The use of smart materials that react according to changes and environmental conditions will have a significant effect on increasing the useful life of the building and creating comfort for the residents. This research has identified smart materials as one of the new types of materials and investigated their effects in creating comfort for residents. Future buildings should have the ability to increase efficiency, increase security, and prevent energy wastage by using new technologies and creating a healthier environment. Despite the existing problems in urban planning and architecture and the energy crisis that the world is facing today, it is necessary to pay more attention to new technologies and their role in optimizing energy consumption in buildings. Therefore, this research aims to identify the types of new materials, classify the types of smart materials and investigate their application in architecture, and also to investigate the effect of the types of smart materials used in architecture on the comfort of the residents, which forms the secondary goal of this research. give To achieve these goals, the following questions are raised: What are the types of new materials? How many categories are smart materials divided into? - What is the application of smart materials in architecture? What is the effect of each of the smart materials used in architecture on the comfort of the residents? The current research is a type of qualitative research that was carried out with a descriptive and analytical method. The data was gathered as a documentary library. After examining the articles and credible sources, Sandelowski and Barsur's approach was employed for qualitative analysis, and a structured model within the meta-composite method, and the theoretical framework of the research were then presented. It should be noted that the

1. Assistant Professor, Department of Architecture, Ferdows Institute of Higher Education, Mashhad, Iran (Corresponding Author). Email: m.mojtabavi@ferdowsmashhad.ac.ir
2. Master student of Interior Architecture, Ferdows Institute of Higher Education, Mashhad, Iran. Email: Negin.arghavany@gmail.com

initial intention is to discuss the use of new materials, particularly smart materials, and to explore their application in architecture and interior design, with a focus on enhancing comfort and convenience for the inhabitants.be investigated, which is mentioned in the results and discussion section in the conceptual model. With the investigations carried out on the characteristics of smart materials, it can be acknowledged that these materials can reversibly change their appearance according to the changes in the environment and human needs, in addition to reducing damage. Environmental factors increase security, and comfort and create well-being for the residents of a building. The findings show that people today live in a society that needs more security and comfort every day compared to the previous day, and a significant part of this need is summarized as construction. Construction means applying a principled architecture in the world. Today, new materials significantly contribute to the quality of construction, energy saving, and biological protection. Among the new materials, we can mention recycled materials, biodegradable materials, bio-materials, immutable materials, smart materials, hybrid materials, materials with a fossil structure, and nanomaterials, among which smart materials are more than other materials of interest to architects and Engineers have been placed. Smart materials react appropriately to environmental events in a reversible manner. Smart materials are divided into two categories: changing properties and changing energy. The types of smart materials that change characteristics are Color changing materials, that are used in architecture, including types of color-changing, matting, and state-changing glass. The application of deformable materials in architecture is in-floor heating systems and microcapsules. Alloy materials with shape memory are used in self-healing concrete architecture. The types of smart energy-changing materials are Photovoltaic materials, which are used in the architecture of solar water heaters. Light-emitting materials are used in photoluminescence and electroluminescence architecture. Despite the major differences, such materials have a single characteristic and that is the effective response to changes in the surrounding environment. They can create a positive change in architecture, construction, and way of life and respond to the different needs of users, along with positive features such as reducing building costs, preventing energy loss, controlling vision, changing transparency, and changing color. Increase the variety and quality of the space. The technology of smart buildings works based on giving importance to the users and meeting their needs.

Keywords: Modern materials, Smart materials, Smart building, Comfort improvement.