

(ارزیابی و سنجش کاربرد نانو مواد هوشمند در راستای معماری پایدار)

نازنین علی زاده قناد^{۱*}، محمدرضا مبهوت^۲

۱ - * کارشناس ارشد انرژی معماری، مدرس گروه معماری و شهرسازی موسسه آموزش عالی خاوران مشهد،
Nazaninalizadeh@alumni.ut.ac.ir

۲ - دانشجوی دکتری برنامه ریزی شهری، عضو هیأت علمی موسسه آموزش عالی خاوران مشهد،
rmabhoot@yahoo.com

چکیده

در بسیاری از کشورهای جهان رویکرد بحران انرژی و نتایج منفی روز به روز حاصل از آن که در اثر بی توجهی انسان به اکوسیستم، انتخاب و استفاده نادرست از فناوری و تکنولوژی های نوین، تولید آلاینده های ناشی از مصالح مصرفی که در نهایت باعث تخریب محیط زیست شده، با عنوان توسعه پایدار و معماری پایدار در جهت بهینه سازی در تمام ابعاد زندگی انسان به صورت گسترده مورد بررسی قرار گرفته است. اخیرا یکی از راه حل هایی که در جهت پایداری بسیار اثر گذار و نتیجه بخش بوده، کاربرد فناوری نانو در بحث معماری پایدار می باشد. استفاده از مواد نانو در ساخت مصالح هوشمند، تاثیر بسزایی در رضایت مشتری، افزایش چرخه زیست ساختمان، کاهش پسماندها و دورریزها و حفظ محیط زیست داشته است. هدف از این مقاله، ارزیابی و سنجش کاربرد نانو مواد هوشمند در راستای معماری پایدار، بمنظور حفظ منابع تجدید ناپذیر و محیطی پاک و سالم برای آیندگان است.

واژگان کلیدی: محیط زیست، معماری پایدار، فناوری نانو، مصالح هوشمند

Evaluate and Measurement the Application of intelligent nanomaterials In line with sustainable architecture

Abstract

In many countries approach the energy crisis and its negative results every day as a result of man's disregard for the ecosystem, selection and improper use of IT and new technologies, emissions resulting from the consumption of materials and the damage to the environment friendly, as sustainable development and sustainable architecture to optimize all aspects of human life has been extensively studied. Recently one of the ways in which it affects the stability and success of the use of nanotechnology in the discussion of sustainable architecture. The use of nanomaterials in the construction of smart materials, a significant impact on customer satisfaction, increase building life cycle, reducing waste and protecting the environment is a pressing issue. The aim of this article Evaluate and Measurement the Application of intelligent nanomaterials In line with sustainable architecture In order to preserve non-renewable resources and the environment clean and healthy for the future.

Keywords: environment, Sustainable Architecture, Nanotechnology, Smart materials

۱- مقدمه

رابطه انسان با جهان طبیعی به دلیل رخ دادن طیف وسیعی از بحران های محیطی در رده مقوله های خاص و گاه آزار دهنده در آمده است. همواره طبیعت به عنوان مأمین انسان مطرح بوده ولی انسان وظیفه اصلی خود را در حفظ و نگهداری آن فراموش کرده و با اقدامات نامناسب سبب آسیب رساندن به محیط زیست خود شده است. اخیراً روند رو به رشد استفاده از منابع تجدید ناپذیر، افزایش روز افزون تولید گازهای گلخانه‌ای، گرم شدن کره زمین، آلودگیهای ناشی از بازمانده های فعالیتهای انسان و به خطر افتادن محیط زیست باعث بروز نگرانی هایی برای آیندگان شده است. اگر به طور خلاصه به مرور تاریخ معماری گذشته در زمینه آینده نگری بپردازیم، خواهیم دید که این آینده عموماً بوسیله مصالح و تکنولوژی هایی که در آن دوران ساخته خواهد شد تعریف می شود. مواد و مصالح مورد استفاده بشر در طی تاریخ و ادوار گذشته، نقشی انکارناپذیر در شکل دهی فضای ذهنی و در نتیجه زندگی انسان داشته است. شاید از همین رو باشد که عده ای از اندیشمندان، اعصار زندگی بشر را با توجه به عنصر قالب مورد استفاده در آن دوران به عصر سنگ، عصر برنز، عصر آهن، عصر مواد مرکب (کامپوزیتها) و در نهایت دوران حاضر را عصر مواد هوشمند نام گذاری کرده اند (اربابی یزدی، ۱۳۹۱).

از ابتدای دهه ۱۹۸۰ میلادی، در زمینه معماری، هر روزه شاهد نوآوری جدیدی در زمینه مصالح کارا تر و پرمایه تر بوده ایم. کارایی بیشتر به معنای افزایش مقاومت، شکل پذیری، دوام و توانایی بیشتر نسبت به مصالح سنتی است. بدون شک، با استفاده از چنین مصالحی، عمر مفید ساختمان ها افزوده شده و در نتیجه آن، هزینه های نگهداری ساختمان ها به شکل چشم گیری کاسته می شود. در طول تاریخ همواره رابطه تنگاتنگ و نوعی پیوند ناگشودنی بین مصالح ساختمانی و معماری وجود داشته است تا اینکه در قرن بیستم، نقش مصالح و نانو تکنولوژی در معماری اهمیت بیشتری یافت. در آغاز قرن ۲۱ میلادی و در دنیای مدرن کنونی، استفاده از مصالح با توجه به رفتارها و خصوصیت پایه ای آن ها انتخاب می شوند نه به دلیل عملکرد و چگونگی اجرای آن ها. امروزه با دید آینده نگری که به معماری و سیستم ساخت از سوی معماران وجود دارد به زودی شاهد توسعه و گسترش دانش معماری هستیم (گلابچی، ۱۳۹۱).

بنابراین کاربرد مفاهیم پایداری در معماری، میحی تازه به نام «معماری پایدار» باز کرده است که سازگار با محیط زیست می باشد (سفلایی، ۱۳۸۲). برای یافتن یک جایگزین برای سوخت های فسیلی که سازگار با محیط زیست باشد، فناوری نانو روش هایی عملی پیش رو میگذارد. فناوری نانو، در زمینه معماری پایدار، در جهت دستکاری اتم ها، مولکول ها و اندازه ذرات با روش هایی دقیق و کنترل شده، با هدف ساخت مواد و مصالح مصرفی ساختمان ها با ساختار و خصوصیات جدید می باشد. این مواد و مصالح را می توان با استحکام بیشتر، سبک تر و ارزان تر نسبت به مواد فعلی در اختیار داشت. از جهت دیگر سازه های هوشمند، موادی هستند که محرکات خارجی مانند بارها و تحریکات محیط را درک می کنند و به آن ها عکس العمل نشان می دهند. در حال حاضر نانو ساختارها به طور گسترده در مواد و مصالح هوشمند مورد استفاده قرار می گیرند.

امروزه در سطح وسیع، موضوع توسعه پایدار و استفاده از فن آوری نانو در راس برنامه اکثر کشورها قرار گرفته است. توسعه پایدار و در نتیجه معماری پایدار با رویکردی به گذشته معماری و مجتمعهای زیستی که جوابگوی نیازهای مادی، معنوی و فرهنگی ساکنان خود بودند، سعی در همراهی با طبیعت به جای غلبه بر طبیعت و استفاده از انرژی تجدیدپذیر به جای سوختهای فسیلی و در نتیجه جلوگیری از تباهی منابع طبیعی و پرهیز از آلودگی محیط زیست دارد.

۲- بیان مسئله:

در اثر استفاده بی رویه از سوخت‌های فسیلی، ورود تکنولوژی به این زمینه و عدم کاربرد نامناسب، سبب افزایش آلودگی و تخریب محیط زیست شده، که باعث بروز بحران‌های انرژی و روشن نمودن آژیر خطر در سال‌های اخیر شده است. با دقت به اهمیت این موضوع، حال این سوال مطرح می‌شود که برای حل این مسئله خطیر، چه راه حلی می‌توان بکار برد؟ همچنین با توجه به موضوع این تحقیق، این سوال مطرح می‌شود که، نانو مواد هوشمند چه نقشی در ایجاد مسئله پایداری در بحث معماری می‌توانند داشته باشند؟ در ادامه به حل مسئله‌های گفته شده، می‌پردازیم.

۳- روش تحقیق:

روش تحقیق بنیادی است و در آن به کشف ماهیت مواد در مقیاس نانو و نقش آن در سیستم‌های هوشمند پرداخته شده است. در بخش‌هایی که فناوری نانو، مصالح هوشمند یا مفاهیم مربوط مطرح و به دستاوردهای سایر محققان اشاره می‌شود، روش کار توصیفی است. این تحقیق بر پایه مطالعات کتابخانه‌ای می‌باشد، که در نهایت به جمع‌بندی نهایی رسانیده شده است. آنچه که در این مقاله مورد توجه قرار گرفته است، بررسی کاربرد نانو مواد هوشمند بر اساس معماری پایدار است.

۴- مبانی نظری

۴-۱- مفهوم پایداری چیست؟

اصطلاح پایداری برای نخستین بار در سال ۱۹۸۶ توسط کمیته جهانی گسترش محیط زیست تحت عنوان رویارویی با نیازهای عصر حاضر بدون به مخاطره انداختن منابع نسل آینده برای مقابله با نیازهایشان مطرح شد. در لغت نامه دهخدا پایداری به معنای با دوام و ماندنی آمده است (دهخدا، ۱۳۷۷). در فرهنگ معین این واژه به معنای پایدار بودن و مقاومت از مصدر "پایش" به معنای پایداری کردن و استقامت نشان دادن است (زندیه، ۱۳۹۰). دیدگاه پایداری در مسیر تفکر نقادانه مدرنیته و معماری بین الملل شکل گرفت که به وجوه تاریک و غفلت‌های این دوره پرداخت و آنها را چالش‌های دانست، که در صورت نادیده گرفتن و چشم پوشی از آنها انهدام طبیعت و زیست انسان نتیجه آن خواهد بود.

۴-۱-۱- توسعه پایدار:

توسعه پایدار؛ توسعه‌ای است کیفی و متوجه کیفیات زندگی است و هدف از آن بالا بردن سطح کیفیت زندگی برای آیندگان می‌باشد (بالان، ۱۳۷۸). تعریفی که تا کنون بیش از همه مورد استفاده قرار گرفته است تعریف کمیسیون برانتلند است: "آن توسعه‌ای که بتواند نیازهای کنونی را بدون از دست دادن توانایی‌های نسل آینده در تامین نیازهایش تامین کند" (حقیر، ۱۳۹۰). هدف توسعه پایدار توجه به انسان و طبیعت به منظور بر طرف کردن احتیاجات انسانی و بهبود شرایط کیفی زندگی، به صورت دائمی می‌باشد. جامعه پایدار جامعه‌ای است که محدودیتهای رشد را شناسایی نموده، به راهکارهای جایگزین دیگر برای حصول به رشد می‌نگرد (بالان، ۱۳۷۸).

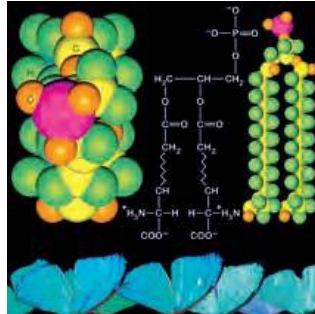
۴-۱-۲- معماری پایدار:

کاربرد مفاهیم پایداری و توسعه پایدار در معماری مبحثی به نام معماری پایدار را به وجود آورده است. ساخت و ساز پایدار بطور کلی عبارت است از مدیریت یک محیط پاک و سالم بر اساس بهره برداری مؤثر از منابع طبیعی، اصول اکولوژیکی و فرآیندهای بوم‌شناختی می‌باشد که نسبت به ویژگی‌ها و شرایط محیطی و مکانی پاسخگو است و از قابلیت‌های بستر خود، در راستای ایجاد شرایط محیطی مطلوب، استفاده بهینه می‌نماید که کمترین تأثیرات ناسازگار بر محیط طبیعی را در طول عمر ساختمان و استقرار منطقه‌ای و جهانی دارد (سفلایی، ۱۳۸۱). معماری پایدار به معنی ارائه راه حل‌هایی در زمینه‌های کالبدی و محیطی و اقلیمی، اجتماعی و فرهنگی که بتواند از بروز مسائلی همچون نابودی منابع طبیعی، تخریب اکوسیستم‌ها، آلودگی محیط زیست، افزایش بی‌رویه جمعیت، رواج بی‌عدالتی و پایین آمدن کیفیت زندگی و کاهش تعامل بین انسانها جلوگیری نماید. همانگونه که تادائو آندو می‌گوید: "من ساختمان‌هایی می‌سازم که در طبیعت قابل تحمل باشد". به عبارتی معماری پایدار وظیفه احداث ساختمان‌هایی را دارد که در طبیعت قابل تحمل باشد، علاوه بر آنکه نگهدار هویت و تطبیق عینیت با تصاویر ذهنی در طی لایه‌های تاریخی، امروز و آینده باشد (محمودی، ۱۳۸۳).

۴-۲- نانو فناوری چیست؟

نانو ریشه یونانی "نانس" به معنی کوتوله می‌باشد (عابدینی، ۱۳۹۲). فناوری نانو موج چهارم انقلاب صنعتی، پدیده‌ای عظیم می‌باشد که در تمامی گرایش‌های علمی راه یافته است تا جایی که در یک دهه آینده برتری فراینده‌ها، وابسته به این تحول خواهد بود (کرامت‌آذر، ۱۳۹۲). در حدود ۴۰۰ سال پیش از میلاد مسیح، دموکریتوس فیلسوف یونانی، برای اولین بار واژه اتم را که در زبان یونانی به معنی تقسیم‌نشده است، برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد. از این رو شاید بتوان او را پدر فناوری و علوم نانو دانست. نوریو تانیگوچی در سال ۱۹۷۴ برای اولین بار اصطلاح «فناوری نانو» را معرفی

کرد و اریک دکسلر در بحث برانگیزترین کتاب خود به نام «موتورهای خلقت: ظهور عصر فناوری نانو» این اصطلاح را عمومیت بخشید (عباسی، ۱۳۸۷). نانوتکنولوژی توانایی ساخت، کنترل و استفاده ماده در ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، با هدف ساخت و دخل و تصرف در چگونگی آرایش اتم‌ها یا مولکول‌ها با استفاده از مواد، وسایل و سیستم‌هایی با توانایی‌های جدید و با تغییر این ساختارها و رسیدن به بازدهی بیشتر مواد می‌باشد چرا که در مقیاس نانویی، ابعاد ماده در خصوصیات آن بسیار تأثیرگذار است و خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تک تک اتم‌ها و مولکول‌ها با خواص توده ماده متفاوت است (عابدینی، ۱۳۹۲).



شکل ۱: مصالح نانو مقیاس یک میلیارد (http://www.architectmagazine.com)

هدف اصلی تحقیقات نانو تکنولوژی شکل دهی ترکیبات جدید مولکولی یا تغییرات بنیادی در مواد موجود در جهت ارتقای کیفیت، رفع عیوب ساختاری است. این امر زمانی محقق می‌شود که توانایی ساخت اشیا از اتم‌ها باعث شود و در این صورت است که توانایی آرایش دوباره مواد با دقت اتمی به وجود می‌آورد (اخوان، ۱۳۸۰). در واقع اگر همه مواد و سیستم‌ها ساختار زیربنایی خود را در مقیاس نانو ترتیب دهند؛ آنگاه تمام واکنش‌ها سریع‌تر و بهینه‌تر صورت می‌گیرد و توسعه پایدار پیش گرفته می‌شود (عابدینی، ۱۳۹۲). نانو راه‌هایی را برای متخصصان عرضه کرده که بتوانند ابزارها را کوچکتر، ارزان‌تر، سبک‌تر و سریع‌تر بسازند و کارها را هوشمندانه‌تر انجام دهند. این فناوری کمک می‌کند تا این ابزارها و مواد جدید، هم مواد اولیه کمتری مصرف کنند و هم انرژی کمتر بکار ببرند (کریمی، ۱۳۹۲). در حقیقت، فناوری نانو، دانشی نو ظهور است و با وجود تبلیغ فراوان اما شمار کمی از افراد و حتی تعداد کمی از طراحان، به خوبی بدانند که فناوری نانو به چه کار می‌آید. اما پیش بینی می‌شود که نوید بخش آینده‌ای پر فروغ در پیش روی آدمی باشد، چرا که این پتانسیل را دارد که دنیای پیرامون ما را دستخوش تحولات شگرفی کند (جمشیدزاده، ۱۳۹۲).

۳-۴- هوشمندی چیست؟

هوشمند (intelligent)، باهوش (Smart)، حساس (Adaptive)، سازگار (Adaptive)، همه برای تعریف ساختارها و مصالحی به کار می‌روند که شامل حسگرها و محرک‌ها بوده و توانایی سازگاری با تحریکات خارجی را دارند (جهانس، ۱۳۸۶). کلمنتس کروم تعریف مربوط به هوش را این چنین بیان می‌کند: "هوش یک ویژگی نیست، اما سلسله مراتب پیچیده‌ای از مهارت‌های پردازش شده اطلاعات، اساس تعادل تطبیقی بین افراد و محیط زیست آنها است". اصطلاح هوشمند اخیراً به اشیای شبیه رفتار انسانها گفته می‌شود. گاهی اوقات smart نامیده می‌شود، که آن‌ها تمایل به پردازش (ادراک) داده‌ها مانند انسان و واکنش (عمل) بر اساس یک فرآیند تجزیه و تحلیل (تفکر) دارند. بسیاری از این ویژگی‌های هوشمند قصد و نیت یکسان دارند، اما در مقیاس و عملکرد متفاوت هستند (El Sheikh, ۲۰۱۱).

۳-۴-۱- نانو مواد هوشمند:

اگر بتوان چیدمان اتمی مواد آلی و معدنی را در حد نانومتر به طور دقیق تعریف نمود، در آن صورت ساخت مواد هوشمند امکان پذیر می‌شود. قابلیت کار در مقیاس نانو - یعنی سطح نهایی ظرافت - ما را به ایجاد موادی هوشمند با خواص بهتر و کارایی بیشتر از خواص مواد بزرگ مقیاس توانا می‌کند. حتی فناوری نانو می‌تواند تقلید از فرایندهای زیستی در ساخت مواد هوشمند را نیز فراهم آورد. واضح است که مواد هوشمند از طیف بسیار گسترده ساختارها و فعالیت‌ها تشکیل می‌شوند و بسیاری از آن‌ها در کانون توجه قرار دارند. کنترل ابعاد مواد در حد نانومتر، انتقال انرژی در ابعاد نانو، پردازش اطلاعات را امکان پذیر می‌سازد. اصطلاح هوشمند به موادی اطلاق می‌شود که می‌توانند با درک شرایط محیطی اطراف خود، نسبت به آن واکنش مناسب را نشان دهند. امروزه کاربرد این مواد (بویژه فلزات و کامپوزیت‌های هوشمند) در بسیاری از حوزه‌های صنعت گسترش یافته است. در فناوری نانو، واژه هوشمند به ماده‌ای گفته می‌شود که بر روی آن تغییراتی انجام گرفته است تا کارایی خاصی از آن برآید. این مواد گاه به صورت پویا عمل می‌کنند، به طوری که می‌توانند خواص یا ساختار خود را مبتنی بر یک الگوی خارجی تغییر دهد (نجف آبادی/ http://edu.nano.ir)

۳-۴-۱-۱- نانو مواد هوشمند و پایداری:

طراحی پایدار پروسه ای موزون و متمرکز برای ساختن ساختمان ها با کیفیت عالی است، به گونه ای که هم برای ساکنان فضای سالم را خلق کند و هم تاثیرات منفی زیست محیطی را کاهش دهد. صاحبان و ساکنین خانه ها در یافته اند که ساختمان های پایدار هزینه کمتری برای اجرا و مطلوبیت بیشتری برای ساکنین دارند. امروزه می توانیم از نانو تکنولوژی به خاطر تمام این موارد قدردانی کنیم: طراحی با مصالح خود تمیز کننده مانند گچی که قادر به جمع آوری آلودگی ها و از بین بردن آنهاست، پنجره هایی که رنگ شان تنها با فشردن یک دکمه عوض می شود، یا تبدیل نور خورشید به الکتروسیته. در این علم جدید دانشمندان مواد را ابتدا تا انتها طراحی و خواص کوانتومی مولکول ها را اداره می کنند. (قربی، ۱۳۹۰)

۴-۳-۲- معماری هوشمند

معماری هوشمند پویا است؛ بدین معنا که پارامترهای عملکردی اصلی، خود را با توجه به نیاز، تقاضا و شرایط متغیر و پویا تغییر می دهند. امروزه ساختمانها خود گونه ای از تکنولوژی هستند. آنها خود را با تکنولوژی وفق می دهند و از آن بهره می گیرند. یک بنای هوشمند، بنایی است که کارایی و راندمان ساکنانش را افزایش داده و امکان مدیریت مؤثر را بر اساس مقتضیات خاص و بنای هوشمند با کمترین هزینه فراهم آورد (افشاری، ۱۳۹۰). یک ساختمان هوشمند، ساختمانی است که خود فکر می کند و با سنجیدن نیازهایش در جهت رفع آن گام بر می دارد. برای رسیدن به این ساختمان، مصالح هوشمند اولین قدم و مؤثرترین هستند (مهرگان، ۱۳۹۰). لازم است به این نکته اشاره شود که بین مصالح هوشمند و سیستمهای هوشمند باید تفاوت قائل شد. ماده هوشمند اغلب جزئی کوچک اما حیاتی از یک سیستم هوشمند است. اغلب سیستمهای هوشمند تلفیقی از اجزا و مصالح هوشمند و عملکرد چند منظوره آنها هستند (علیخانی، ۱۳۸۰).

۴-۳-۱- ویژگی های معماری هوشمند

به طور کلی شامل ۸ اصل است:

- ۱- اقتصادی بودن و مصرف انرژی کم و با بازدهی بالا
- ۲- استفاده از منابع قابل احیاء و قابل بازیافت بودن
- ۳- تطبیق پذیری (Ritter, ۲۰۰۷).
- ۴- انعطاف پذیری و سازگاری با محیط
- ۵- واکنش پذیری و پاسخ ده بودن (مفیدی، ۱۳۸۸).

۴-۳-۳- مصالح هوشمند:

مصالح هوشمند تحت عنوان مصالح " انعطاف پذیر " و " تطبیق پذیر " نیز شناخته می شوند و این به دلیل ویژگی خاص آن ها در تنظیم نمودن خود با شرایط محیطی می باشد (جهانس، ۱۳۸۶). مصالح هوشمند یک اصطلاح جدید برای مصالح و فرآورده هایی است که توانایی درک و پردازش رویدادهای محیطی را داشته و نسبت به آن واکنش مناسب نشان می دهند. این مصالح در برگیرنده مواد و محصولاتی هستند که قادرند شکل و ابعادشان را به طور برگشت پذیری، در پاسخ به یک یا چند محرک خارجی، تغییر دهند. مانند: تاثیرات نور، دما، فشار، میدان مغناطیسی یا محرک شیمیایی. اگر مصالح را به سه گروه مصالح غیر هوشمند، نیمه هوشمند و هوشمند طبقه بندی کنیم، گروه اول یعنی مصالح غیر هوشمند ویژگی خاص بالا را ندارند، نیمه هوشمندها تنها قادرند در پاسخ به تاثیرات محیطی شکل و فرم خود را برای یک بار یا مدت زمان اندکی تغییر دهند اما در مصالح هوشمند این تغییرات تکرار پذیر و قابل برگشت خواهد بود (Ritter, ۲۰۰۷). متغیرهای تاثیرگذار شیمیایی و فیزیکی که در زیر معرفی شده اند، محرک هایی هستند که مصالح هوشمند در برابر آنها از خود عکس العمل نشان می دهند (Ritter, ۲۰۰۷).

- نور، اشعه UV: بخش فرابنفش و مرئی اشعه الکترومغناطیسی.
- دما: تغییرات دمایی که یک سیستم فیزیکی مثل بدن انسان ایجاد می نماید.
- فشار: اختلاف فشار ایجاد شده در یک ناحیه.
- میدان الکتریکی: میدان ایجاد شده پیرامون یک بار الکتریکی.
- میدان مغناطیسی: میدان ایجاد شده پیرامون یک آهنربا یا یک بار الکتریکی متحرک.
- محیط شیمیایی: حضور یک عنصر یا ترکیب شیمیایی خاص مثل آب

۴-۳-۴- طبقه بندی مصالح هوشمند

به طور کلی مصالح ساختمانی موجود اعم از سنتی، طبیعی و مصنوعی با توجه به خصوصیات آنها، از جمله: نمود ظاهری، بافت، ترکیب شیمیایی، خواص مکانیکی و فیزیکی، اثر محیطی و... طبقه بندی می شوند. علاوه بر در نظر داشتن مشخصه های فوق، خواص دیگری که به طور ویژه به تمیز دادن مصالح هوشمند از مصالح سنتی مربوط می شود نیز لحاظ شده است. طبقه بندی پیشنهادی مصالح هوشمند بر پایه سه خاصیت زیر ارائه شده اند (Ritter, ۲۰۰۷) :

۱- مصالح هوشمند دارای قابلیت تغییر خواص درونی: موادی که یکی از خصوصیات شیمیایی، مکانیکی، الکتریکی، مغناطیسی، حرارتی یا بصری شان در پاسخ به یک یا چند محرک خارجی، بدون احتیاج به کنترل از خارج تغییر می کنند (جمشیدزاده، ۱۳۹۲) نظیر مصالح هوشمند تغییر شکل دهنده و تغییر رنگ دهنده.

۲- مصالح هوشمند با قابلیت مبادله انرژی: موادی که انرژی را از نوعی به نوع دیگر تبدیل می کنند تا یک وضعیت نهایی مطلوب را ایجاد کنند (جمشیدزاده، ۱۳۹۲). نظیر مصالح هوشمند ساطع کننده نور، تولید کننده الکتریسیته، ذخیره کننده انرژی.

۳- مصالح هوشمند دارای قابلیت تغییر و مبادله مواد درونی: این گروه از مصالح هوشمند که دارای قابلیت تغییر خواص درونی خود هستند و در پاسخ به محرکات خارجی واکنش نشان می دهند (Addington & Schodek, ۲۰۰۵). باید دانست که این مصالح هوشمند چه عملکردهایی از لحاظ تعامل با محیط زیست، دوام و پایداری، امکان بازیافت دوباره، زیبایی و دارند (Atkins, ۲۰۰۴) بنابراین در ادامه به معرفی مصالحی که در هر یک از گروه های ذکر شده جای می گیرد، می پردازیم.

۴-۳-۱- مصالح هوشمند (تغییر خصوصیات)

۴-۳-۱-۱- مصالح هوشمند تغییر شکل دهنده:

موادی هستند که دارای قابلیت تغییر خواص درونی خود هستند و در پاسخ به محرکات بیرونی مثل: کشش، فشار، میدان مغناطیسی و الکتریکی و ... از خود حرکت مکانیکی نشان می دهند و تغییراتی در شکل و ابعاد خود ایجاد می کنند. در این میان مواد و محصولاتی هستند که قادرند شکلشان را بدون تغییر دادن تغییر دهند یا برعکس، و تعدادی قادرند هر دو پارامتر را بطور همزمان تغییر دهند. این مواد شامل مواد زیر هستند (جمشیدزاده، ۱۳۹۲):

۱- ترموستریکتیو (Thermostrictive): در مقابل تغییر درجه حرارت تغییر شکل می دهند.

۲- پیزوالکتریک (Piezoelectric): این مواد در پاسخ به محرکات الکتریکی از خود واکنش مکانیکی نشان داده و در پاسخ به محرک مکانیکی (فشار و استرس)، الکتریسیته تولید می کنند. این مواد در محصولاتی مثل میکروفون ها، بلندگوها، فندک ها و چاقوهای جراحی کاربرد دارند (وثوقی، ۱۳۹۰).

۳- الکترواکتیو (Electroactive): در برابر تاثیرات میدان الکتریکی تغییر شکل می دهند.

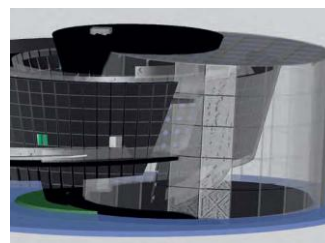
۴- کموستریکتیو (Chemostrictive): در مقابل تاثیرات محیط شیمیایی تغییر شکل می دهند.

۴-۳-۱-۱-۱- مصالح هوشمند دما واکنشی:

مصالح منبسط شونده (Thermal Expansion Material) با نام اختصاری (TEM) نمونه ای از مصالح دما واکنشی هستند که دارای ضریب انبساط گرمائی اند. این نوع از مصالح هوشمند که زیر مجموعه مصالح هوشمند تغییر شکل دهنده می باشند، نوعی ویژگی ذاتی دارند که آنها را قادر می سازد تا در برابر تغییرات دمای محیط پیرامون به طور برگشت پذیر واکنش نشان دهند. تغییرات دمایی ممکن است تاثیر غیر فعال داشته باشد به طوری که مصالح به طور مداوم وضعیت دمای داخلی خود را با وضعیت طبیعی پیرامونش از طریق پوسته بیرونی تنظیم کند و اگر تاثیرات آن به صورت فعال باشد نوعی گرمایش فعال با بکار بردن یک میدان الکتریکی از طریق تماس ایجاد می شود (Ritter, ۲۰۰۷). مهمترین کاربرد آنها در معماری در ترموستاتهای گرمایشی برای سرویسهای ساختمانی و همچنین به عنوان محرکهای ویژه ای در گلخانه ها و در نمای ساختمانها برای کنترل و مدیریت انرژی بکار می روند. کاربرد دیگر آنها در سیستم تهویه اتاقهای ساختمانی می باشد. در پروژه مرکز اسناد آلمان از این مصالح دما واکنشی به عنوان محرکهای دمایی با فنون معماری و سازه بنا تلفیق شده اند، استفاده شده است (Ritter, ۲۰۰۷).



شکل ۳: پروژه مرکز اسناد، ورقه های مستقر در نما برای جذب انرژی خورشیدی (Ritter, ۲۰۰۷)



شکل ۲: استفاده از مصالح منبسط شونده (TEM) در مرکز اسناد آلمان، دید به مجموع (Ritter, ۲۰۰۷)

دیوارهایی که این سرسرا را شکل می دهند ساختاری مدور با نمای شیشه ای بدون قاب دارند که دارای یک روکش فلزی از قسمت خارجی است. این نما حالت متحرک و پویا دارد و می تواند مقادیر متغیری از نور خورشید را به داخل ساختمان بفرستد. این نما به پانلهای دوگانه ای تقسیم

شد که بر روی یک محور قادر به چرخش براساس زوایای متغیر هستند (زاویای چرخش بستگی به زاویه تابش خورشید دارد). استفاده از لایه نازک سلولهای خورشیدی در کنار مصالح دما واکنشی این امکان را فراهم میکند تا به صورت خودکار میزان اشعه نور ورودی به ساختمان کنترل شود. برای محدود نمودن تاثیرات انرژی گرمایی و برای اطمینان از اینکه اشعه نور تنها به این محرک کنترل کننده می باشد، اجزای TEM به این سیستم عایق گرمایی، اضافه شده اند. همزمان ورقه های مستقر در گوشه های نما نیز به سمت بخش بیرونی که بیشترین میزان تابش وجود دارد حرکت نموده و سلولهای خورشیدی و کلکتورهای موجود در بام، ایده انرژی محوری این پروژه را تکمیل می نمایند (Ritter, 2007).

۴-۳-۱-۲- مصالح هوشمند تغییر رنگ دهنده (کروماتیک) :

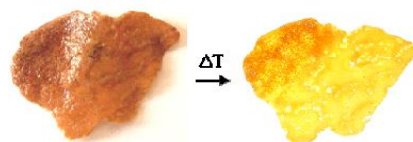
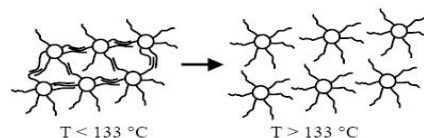
همانطور که از اسم این مصالح پیداست آن ها قادرند رنگ یا مشخصه های بصری خود را در پاسخ به یک یا چند محرک خارجی به صورت برگشت پذیر تغییر دهند (Addington & Schodek, 2005). تعدادی از این مواد که در کاربردهای معمارانه مورد توجه اند شامل مصالح زیر می باشند:

۱- فتوکرومیک (Photochromic): با نام اختصاری PC در حال حاضر بسیار مورد توجه معماران قرار دارند. این مصالح با قرارگیری در برابر نور اشعه مرئی، (Ultraviolet) UV، نور (Infrared) IR یا اشعه الکترومغناطیسی با تغییر رنگ از خود واکنش نشان می دهند (Myer, 2002). جذب انرژی تابشی سبب تغییر ساختار شیمیایی این مواد شده و از ساختاری با یک میزان جذب مشخص به ساختاری با میزان جذب متفاوتی تبدیل می شود. مولکول های مورد استفاده در حالت غیر فعال بی رنگ هستند و وقتی در معرض فوتون هایی با طول موج خاص قرار می گیرند، ساختار مولکولی آن به صورت برانگیخته تغییر یافته و بنابراین انعکاس طول موج های بلندتر طیف مرئی نور آغاز می نماید. با از میان رفتن منبع ماورای بنفش مولکول به حالت اولیه بر می گردد (Addington & Schodek, 2005). کاربرد اصلی مواد فتوکرومیک در عینک ها و همچنین پنجره ی برخی ساختمان ها است. هم اکنون مصالح فتوکرومیک بصورت رنگ دانه های فتوکرومیک، شیشه های فتوکرومیک و پلاستیکها یا پلیمرهای فتوکرومیک در دسترس هستند (Myer, 2002). پژوهشگران تحقیقات بسیاری بر روی این مصالح انجام دادند تا بتوانند از این فرآورده آن برای عملکردهای دیگری مثل کاهش میزان مصرف انرژی و یا تغییرات دمایی این پوششها استفاده نمایند.



شکل ۴و۵: نمونه ای از شیشه های فتوکرومیک (گلابچی، ۱۳۹۰)

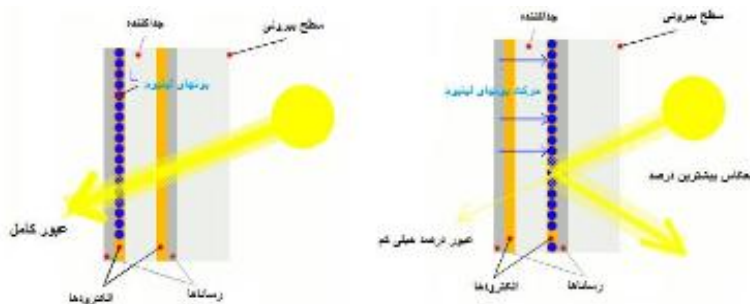
۲- ترموکرومیک (Thermochromic): موادی که در برابر تغییر دما تغییر رنگ می دهند. نکته ی مهم این است که این تغییرات بازگشت پذیرند و با تغییر دما دچار این تغییرات می شوند (جمشیدزاده، ۱۳۹۲). این مواد می توانند طوری تنظیم شوند که حرارت را از ۲۵ - تا ۲۵۰ + درجه فارنهایت (۳۰- تا ۱۲۰ + درجه سانتیگراد) را درک کرده و نسبت به آنها واکنش نشان دهند. از مواد ترموکرومیک می توان رنگهایی ساخت که برای نقاشی داخل فضاها استفاده شده و در اثر تغییر دما، دو رنگ یا حتی بیشتر را از خود نشان می دهند (Addington & Schodek, 2005). این رنگ ها برای سطوح فلزی، چوبی، پلاستیکی و چرمی مناسب هستند. می توان این رنگها را برای دمای خاصی تنظیم نمود (Ritter, 2007). همان طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، بر اثر گرم شدن یا سرد شدن، تغییر ساختاری در این نانو ذرات ایجاد شده که همین امر باعث تغییر رنگ در این ترکیبات می شود (Carotenuto, 2009).



شکل ۶: تغییر ساختار نانوذرات نقره پوشیده شده با دودسیل تیول در برابر حرارت و تغییر رنگ در این نانوذرات در اثر حرارت

(Carotenuto, ۲۰۰۹)

۳- الکتروکرومیک: موادی که با قرارگیری در معرض اشعه خورشید مشخصه بصری یعنی میزان شفافیت خود را تغییر می دهند. کاربرد مصالح الکتروکرومیک نیز در معماری، شیشه های الکترواپتیکال می باشند (گرچی، ۱۳۸۸). الکتروکرومیکها با بکار بردن جریان الکتریکی، بطور موقتی رنگ خود را در برابر تابش نور تغییر می دهند. جریان الکتریسیته با ایجاد واکنش شیمیایی سبب تغییر خصوصیات مواد می گردد و موجب می شود که آنها نور را جذب یا منعکس نمایند. زمانیکه نور خورشید به شیشه ها می تابد، جریان الکتریکی برقرار شده و موجب می شود تا یونهای هیدروژن یا لیتیم از لایه ذخیره یونی به سمت لایه هدایت یونی حرکت کرده و به لایه الکتروکرومیک برگردد و بنابراین ویژگیهای بصری لایه الکتروکرومیک را تغییر داده و باعث می شود که آن، طول موجهای خاصی از نور مرئی را جذب نموده و شیشه تیره شود. با قطع جریان الکتریکی، فرآیند در جهت عکس عمل می کند و شیشه مجددا روشن می شود (Addington & Schodek, ۲۰۰۵).



شکل ۷: چگونگی عملکرد شیشه های الکتروکرومیک (<http://dorgoonano.ir>)

در حال حاضر بزرگترین پوشش الکترواپتیکال در جهان در نماء ساختمانی در توکیو در سال ۲۰۰۴ میلادی بکار برده شد.



شکل ۸ و ۹: نمای ساختمان در شب و روز (Ritter, ۲۰۰۷)

۴-۳-۱-۲-۱- شیشه های کریستال مایع

کریستالهای مایع حالت بینابین بلورهای جامد و مایعات می باشند. آنها به میدانهای الکتریکی حساس هستند و بطور ویژه برای جلوه های بصری قابل کاربرد می باشند. شیشه های کریستال مایع در دو لایه ساخته می شوند. بین دو لایه از کریستال مایع استفاده می شود که می توان شفافیت یا کدر بودن شیشه را به دلخواه تنظیم نمود. زمانیکه جریان برقرار باشد یک لایه کریستال مایع در یک خط قرار گرفته و شیشه شفاف می شود و با قطع جریان، اجزای کریستال مایع بصورت اجزا تصادفی قرار می گیرند و مانع دید از دو طرف می شود (صدیق ضیایی، ۱۳۸۹). جریانی که از درون مایع عبور می کند باعث می شود که کریستالها تنظیم شوند بطوریکه نور نتواند از طریق آنها وارد شود. هر بلور همچون یک عامل مسدود کننده عمل می کند (سلیمانی مجد، ۱۳۹۲).



شکل ۱۰: شیشه های کریستال مایع (http://float-glass.blogfa.com)

۴-۳-۲- مصالح هوشمند (مبادله انرژی)

گروه دوم مواد هوشمند را موادی تشکیل می دهند که دارای قابلیت تبدیل انرژی از سطحی به سطح دیگر هستند. همه مواد و اجسام پیرامون آن ها دارای سطح مشخصی از انرژی هستند. هنگامی که سطح انرژی ماده و محیط آن یکسان است، می گوئیم ماده در تعادل با محیط است. اما اگر ماده در سطح متفاوتی از انرژی نسبت به سطح انرژی محیط قرار بگیرد، با وارد کردن انرژی به ماده، سطح انرژی در آن ها افزایش می یابد که معمولاً این انرژی افزوده شده به صورت افزایشی درونی جسم خود را آشکار می کند (جمشیدزاده، ۱۳۹۲).

۴-۳-۲-۱- مصالح هوشمند ساطع کننده نور :

مصالح و فرآورده هایی هستند که مولکول های درون آنها با تاثیر انرژی هایی مثل روشنایی یا میدان الکتریکی، برانگیخته شده و از خود نور تولید می کنند. این پدیده در واقع یک حالت موقتی برای مولکول هاست که بر اثر تاثیر انرژی بالاتر اتفاق می افتد که در این زمان بخشی از انرژی جذب شده توسط مولکول ها به شکل اشعه الکترومغناطیسی مرئی ساطع می شود بدون آنکه حرارت اشعه خارج شود. از این پدیده با عنوان تابناکی یاد می کنند. از کاربردی ترین آنها در زمینه معماری، مصالح فتولومینس و الکترولومینس می باشد (Ritter, 2007). هتلی جدید در بارسلونا اسپانیا در سال ۲۰۰۷ میلادی از این مصالح هوشمند و سلولهای خورشیدی در نمای آن استفاده کرد. نمای بیرونی آن نمای شیشه ای مرسوم می باشد که توسط شبکه فلزی که بر روی آن انبوهی از برگهای مصنوعی الکترونیکی قرار دارد، پوشیده شده است. بر روی هر یک از این برگها سلولهای خورشیدی نصب شده است. انرژی الکتریکی که در طول روز توسط این سلولها تولید می شود، در یک مخزن ذخیره شده و در شب توسط یک پردازشگر به سوی LED ها هدایت می شود و آنها نیز این انرژی را به صورت نور هفت رنگ از خود منتشر می کنند. بنابراین انرژی لازم برای نورپردازی این بنای بزرگ تماماً توسط انرژی خورشید تامین می شود.



شکل ۱۱: هتل هبیتات، اسپانیا (Ritter, 2007)

۴-۳-۲-۲- استفاده از مصالح هوشمند تولید کننده الکتریسیته:

پژوهشگران دانشگاه کالیفرنیا موفق به تولید سلولهای خورشیدی شدند که شفافند و می توانند به عنوان شیشه پنجره در خانه ها بکار رود. این سلولهای خورشیدی می توانند در عین حال که کارکرد خود به عنوان شیشه خانه یا ساختمان را حفظ می کنند، قابلیت تولید الکتریسیته هم داشته باشد. این سلول خورشیدی پلیمری می تواند انرژی که عمدتاً پرتو فرسرخ است را جذب کند. این سلولها به چشم انسان، تا نزدیک به ۷۰ درصد شفاف به نظر می رسند و از پلاستیک فوتواکتیو که قابلیت تبدیل پرتو فرسرخ به جریان الکتریکی را دارند، ساخته شده است. این نتایج احتمال تولید سلولهای خورشیدی پلیمری کاملاً شفاف به عنوان مؤلفه ای از دستگاه های الکترونیک قابل حمل، شیشه های هوشمند و وسائل فتوولتائیک داخلی ساختمان را افزایش می دهند. این سلولهای خورشیدی از مواد شبه پلاستیک ساخته شده، سبک و انعطاف پذیر هستند و می توانند در حجم بالا و

قیمت کم تولید شوند. پیش از این هم تلاشهایی در زمینه مرئی ساختن این سلولها انجام شده بود اما نهایتاً این تلاشها به ساخت سلولهایی با اندکی شفافیت منجر می شدند (گرچی، ۱۳۸۸).

۴-۳-۲-۳-۴- مصالح هوشمند ذخیره کننده انرژی:

این مصالح و فرآوردهها قادرند انرژی را چه به صورت نمایان و چه نهانی در خود ذخیره نمایند، مثلاً به شکل نور، گرما، هیدروژن یا الکتريسته. قابل ذکر است که این مصالح قابلیت برگشت پذیری نیز دارند؛ بنابراین این مصالح قادر به ذخیره انرژی بصورت های مختلفی می باشند. اما در این بین مصالح هوشمند ذخیره کننده حرارت (گرما) بیشتر مورد توجه بوده اند این مصالح نوعی ویژگی ذاتی دارند که آنها را قادر می سازد که انرژی را بصورت گرما و یا سرما (معکوس گرما) بصورت انرژی نهانی در خود ذخیره کنند (Addington & Schodek, ۲۰۰۵). این مصالح در معماری دارای کاربرد و مورد توجه بسیار هستند. پرکاربردترین آنها که با عنوان مصالح تغییر حالت دهنده (Phase Changing Material) با نام اختصاری PCM مشهور است، به آن دسته از مصالح و فرآوردههایی اطلاق می شود که می توانند به عنوان واسطه تنظیم دما عمل کنند مثلاً به عنوان عنصر واسطه ذخیره سرما یا گرمای نهانی تنظیمات دمای داخل اتاق. مصالح PCM این ویژگی را دارند که وضعیت خود را از حالت مایع به جامد بوسیله کریستاله شدن (بلوره شدن) تغییر دهند و میزان مشخصی از انرژی گرمایی که قبلاً در درجه حرارت بالاتر ذخیره کرده بودند، از خود آزاد کنند و در حالت معکوس با تغییر وضعیت از جامد به مایع در زمان ورود انرژی گرمایی میزان حرارت یا دما را ثابت نگه دارند. ذکر این نکته ضروری است که مصالحی با ظرفیت ذخیره حرارتی بالا یا اتلاف حرارتی پایین در این دسته از مصالح هوشمند جای نمی گیرند (Ritter, ۲۰۰۷). اولین استفاده کننده مصالح PCM سازمان NASA در سال ۱۹۶۰ میلادی بود که از این مصالح با توجه به کاربردهای ویژه آن در پروژه های فضایی استفاده نمود و به دنبال آن یک شرکت آلمانی در ساختمان به صورت پنل و دیگر اجزای پوشش ساختمان مورد استفاده قرار داد (Myer, ۲۰۰۲).



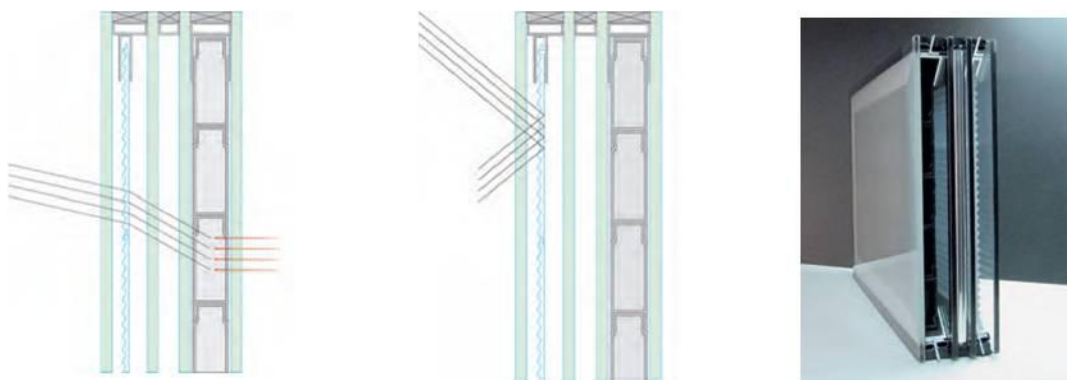
شکل ۱۲: نمای جنوبی مجتمع مسکونی، سوئیس، شیشه های عایق سازی شده با مصالح PCM (Ritter, ۲۰۰۷)

در این پروژه، معمار طرح جدیدی از یک سیستم شیشه ای عایق و ذخیره کننده حرارت که با هیدرات نمک پر شده را طراحی نمود و آن را در نمای جنوبی این مجموعه نصب کرد. (هیدرات نمک به عنوان مصالح PCM بکار رفته است و گرما را در دمای ۲۶ الی ۲۸ درجه سانتیگراد در خود ذخیره می کند).



شکل ۱۳ و ۱۴: نمای داخلی و خارجی پنجره های جنوبی (Ritter, ۲۰۰۷)

طرز کار این سیستم به این ترتیب است که در تابستان اشعه خورشید توسط پانلهای منشوری به بیرون بازگردانده می شود و در زمستان اشعه خورشید که دارای زاویه کمتری است از سیستم نما عبور کرده و علاوه بر گرم نمودن فضای داخل، باعث گرم شدن پانلهای PCM نیز می شود. این گرما هیدرات نمک را از حالت جامد به مایع تبدیل کرده و گرمای حاصله به صورت گرمای نهانی در سیستم ذخیره می شود. زمانی که حرارت اتاق از ۲۶ درجه سانتیگراد پایین تر می آید، مثلاً در طول شب یا روزهای ابری آنگاه هیدرات نمک متبلور شده و انرژی گرمایی ذخیره شده خود را در اتاق آزاد می کند. مزیت دیگر این سیستم این است که وضعیت شارژ بودن یا نبودن این سیستم ذخیره کننده حرارت، از ظاهر بصری آن قابل مشاهده است به این ترتیب که اگر نما مات به نظر برسد بنابراین هیدرات نمک شارژ نشده است، یعنی ذخیره حرارتی ندارد و اما اگر نما حالت شفاف یا نیمه مات داشته باشد هیدرات نمک در نما شارژ بوده و ذخیره حرارتی آن پر است (گرچی، ۱۳۸۸).



شکل ۱۵: مقطع از پنجره با عایق هیدرات نمک، تابستان و زمستان (Ritter, ۲۰۰۷)



شکل ۱۷: جزئیات پنجره های نما، در وضعیت غیر شارژ (Ritter, ۲۰۰۷)



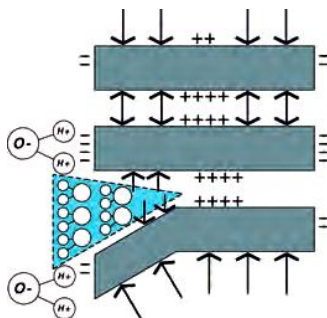
شکل ۱۶: جزئیات پنجره های نما، در وضعیت شارژ (Ritter, ۲۰۰۷)

۴-۳-۳- مصالح هوشمند (مبادله مواد درونی)

گروه سوم، مصالح هوشمند با ترکیبات قابل بازگشت می باشند که می توانند مواد را در فرم مولکول و به شکل گاز، مایع یا جامد با فرایندهای مختلف فیزیکی یا شیمیایی، در خود محصور و یا اینکه آزاد کنند. عملکرد این مصالح به صورتی است که با قرار گرفتن در برابر انواع گاز، بخار آب، آب و یا حتی محلولهای آبدار، با چسباندن آنها به سطح داخلی خود و یا اضافه کردن آنها به حجم خود واکنش نشان دهند. این مصالح با خصوصیات ذکر شده به طور عمده می توانند در نمای خارجی و یا داخلی ساختمانها استفاده شوند و معروفترین آنها مواد و مصالحی هستند که خود به خود تمیز می شوند. همچنین پوشش ها و لایه هایی هستند که با قرار گرفتن روی سطوح ساختمان آلاینده های موجود در هوا را بی اثر کرده و از بین می برند. به طور کلی این متریاها با انجام فرایندهای درونی خاص خود می توانند خصوصیات و ویژگی های زیر را از خود نشان دهند:

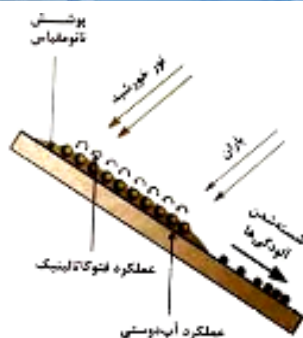
- ضد آب نمودن نما، تمیز نمودن خود نما، بالا بردن کیفیت هوای فضای داخل، از بین بردن آلودگی هوای اطراف، جذب صدا، ایجاد بوی معطر در فضا.

- نمونه ای از مصالح ضد آب در این دسته بنتونیت (Bentonite) می باشد که از مهمترین فرآورده های معدنی مورد استفاده در مصالح ساختمانی است. شکل زیر نحوه رفتار این متریا در تماس با مولکول آب را نشان می دهد (Ritter, ۲۰۰۷).



شکل ۱۸: نحوه رفتار بنتونیت در تماس با مولکول آب (Ritter, ۲۰۰۷)

- نمونه دیگر در این دسته از مصالح هوشمند که به مصالح خود پاک شونده معروفند، دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) است. این ماده دارای خواص و ویژگی های منحصر به فردی است؛ به طوری که به هنگام قرارگیری در معرض اشعه ماورای بنفش نور خورشید، به یک ماده بشدت فعال و واکنش پذیر تبدیل می شود. واکنش پذیر شدن و فعالیت شیمیایی شدید این ماده در مجاورت اشعه ماورای بنفش، می تواند از چسبیدن باکتری ها و کثیفی ها بر روی دیوار ها و ساختمان ها جلوگیری کند و سبب می شود تا این آلودگی ها با بارش یک باران، به آسانی از روی دیوارها شسته و پاک شوند.



شکل ۱۹: عملکرد مصالح خود پاک شونده (گلابچی، ۱۳۹۰)

تولید گسترده و انبوه مصالح خودپاک شونده و استفاده گسترده آن در ساختار ساختمان ها و پنجره ها در مناطق گوناگون، سبب می شود که از این پس بتوانیم در شهرهایی زندگی کنیم که از نما و سیمای بسیار تمیز، پاکیزه و درخشانی برخوردارند و نیازی به تمیز کردن نمای دیوارها و پنجره ها به طور دوره ای نخواهد داشت. این ویژگی مصالح خود پاک شونده از مهمترین کاربرد این مصالح در حیطه طراحی شهری می باشد که می توانند به پاکیزگی شهرهای بزرگ و کاهش آلودگی هوا در آنها کمک شایانی نمایند (Atkins, 2004). پروژه زیر نمونه ای از استفاده این ماده در مصالح ساختمانی می باشد.



شکل ۲۰: دید کلی به آپارتمان مسکونی - تجاری، اتریش (پوشش خود پاک شونده TiO_2)، (Ritter, 2007)

۵- نتیجه گیری:

صرف بی رویه انرژی های تجدیدناپذیر و آسیب های زیست محیطی، وضعیت انرژی جهان را در مرحله بحرانی قرار داده است که از مهمترین مباحث قرن پیش روست، بنابراین چاره اندیشی در این زمینه راهگشایی برای بقا و حفظ محیط برای نسل آینده خواهد بود. کاربرد فن آوری نانو در تحول سایر فن آوری ها، تاثیر به سزایی بر سلامت و آسایش مردم دارد. امروزه کشورهای مختلف با بهره گیری از فناوری نانو و تلفیق آن با سایر تخصص ها به دستاوردهایی رسیده اند که از آن جمله می توان به کاهش هزینه های تولید و نگه داری کمتر، مصرف انرژی پایین تر و طول عمر بیشتر اشاره کرد. استفاده از مصالح هوشمند در زمینه معماری و در راستای پایداری، بسیار موثر بوده و می توانند نسبت به محیط پیرامون خود واکنش نشان داده و تغییر کنند. برای مثال شیشه های ترموکرومیک که در مقابل گرما پاسخ می دهند یا با انتقال برق و تکنولوژی الکترومیک، میزان شفافیت پارتیشن های شیشه ای از حالت کاملا شفاف و روشن به حالت کاملاً مات و کدر تغییر داد. نیز رنگ دیواری که خود را تمیز نگاه داشته و در صورت آسیب دیدن به تعمیر خود می پردازد و یا دیواری که به هنگام نشت گاز یا اتصال الکتریکی در خانه هشدار می دهد. مصالح هوشمند می توانند طبق دستور رنگ عوض کنند یا در طول روز به تولید الکتریسیته پرداخته و در شب آن را در اختیار ما قرار دهند. با تولید مواد هوشمند، توانمندی ها و امکانات جدیدی در اختیار مهندسان و طراحان قرار داده شده است. این مصالح می توانند سبب بهبود روش های طراحی و ساخت ساختمان ها شوند. بنابراین در زمینه انرژی، مصالح هوشمند می توانند به طور قابل ملاحظه ای کارایی، ذخیره سازی و تولید انرژی را تحت تأثیر قرار داده و مصرف انرژی را در ساختمان پایین آورند. با افزایش تقاضا و بهره وری از این مصالح، بویژه از سوی معماران، برای طراحی ساختمان های اقلیمی با قابلیت ماندگاری بالا، پیش بینی می شود طی چند سال آینده، به نتیجه ای مطلوب که پاسخی به حل بحران های اخیر هست، دست پیدا کنیم.

۶- منابع و مراجع:

- [۱] اخوان، علی و دیگران. "نانو تکنولوژی آینده آفرینش"، گروه فرهنگ سازی، ترویج و آموزش شرکت پژوهشگران نانو فناوری، ستاد توسعه فناوری نانو، تهران، ۱۳۸۰.
- [۲] اربابی یزدی، امیر. رافتی سیدی یزدی، مهدی. "مصالح هوشمند و تأثیر آن بر خلق معماری یگانه"، اولین کنفرانس ملی بنای ماندگار، مشهد مقدس، ۱۳۹۱.
- [۳] افشاری بصیر، نفیسه، افشاری بصیر، محمدرضا، "ساختمانهای هوشمند گامی به سوی فناوری نوین در ساخت"، دومین کنفرانس بین‌المللی معماری و سازه، دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.
- [۴] بالان، احمد. "بررسی مفاهیم توسعه پایدار" مجله جهاد، سال هجدهم، شماره ۲۱۹-۲۱۸، ۱۳۷۸.
- [۵] دهخدا، علی اکبر. لغتنامه، جلد ۲ انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۷.
- [۶] زنده، مهدیه. پروردی نژاد، سمیرا. "توسعه پایدار و مفاهیم آن در معماری مسکونی ایران"، فصلنامه مسکن و محیط روستا، دوره ۲۹، شماره ۱۳، ۱۳۹۰.
- [۷] سفلائی، فرزانه. "کنکاشی پیرامون مفاهیم و تجارب معماری پایدار آبادی"، فصلنامه معماری شهرسازی، شماره ۴۲، ص ۶۳، ۱۳۸۱.
- [۸] سفلائی، فرزانه. "پایداری عناصر اقلیمی در معماری سنتی ایران (اقلیم گرم و خشک)"، سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، تهران، ۱۳۸۲.
- [۹] سلیمانی مجد، شاهده، "کاربرد مصالح هوشمند در معماری آینده؛ گامی به سوی معماری پایدار". اولین کنفرانس استانی عمران، معماری، ۱۳۹۲.
- [۱۰] جمشیدزاده، امین. "نانو تکنولوژی در معماری و توسعه پایدار"، اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار، ۱۳۹۲.
- [۱۱] جهانس، رافائل، "مواد و مصالح هوشمند"، معماری و ساختمان، شماره ۱۴، ۱۱۶-۱۱۹، تهران ۱۳۸۶.
- [۱۲] حاجی بابایی نجف آبادی، خدیجه. سروری، محسن. "کاربردهای فناوری نانو - مواد پیشرفته"، در سایت اینترنتی سیستم جامع آموزش فناوری نانو.
- [۱۳] حقیر، سعید. شوهانی زاد، یلدا. "چگونگی ارتقای جایگاه گورستان ها در جوانب فرهنگی و اجتماعی توسعه پایدار شهری در ایران (با رویکرد به نقصان دستور کار ۲۱ مصوب سازمان ملل متحد در عدم توجه به امر تنوع فرهنگی)" فصلنامه علمی- پژوهشی باغ نظر، سال هشتم، شماره ۱۷، ۱۳۹۰.
- [۱۴] صدیق ضیابری، حدیثه. "استفاده از مصالح هوشمند در پوسته ساختمانها". فصلنامه فن و هنر، سال چهاردهم، شماره ۲۹ (پیاپی ۶۵)، ص ۲۳-۲۰، ۱۳۸۹.
- [۱۵] عابدینی، ف. و همکاران. "بررسی و تحلیل چگونگی بهره‌گیری از فناوری نانو در توسعه معماری پایدار". همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری، بوکان، اردیبهشت ۱۳۹۲.
- [۱۶] عباسی، علی (مترجم). "روند فناوری های نانو تا سال ۲۰۲۰"، بخشی از گزارش موسسه RAND در پیش بینی آینده فناوری های پیشرفته، ۱۳۷۸.
- [۱۷] علیخانی، هادی، "پنجره های هوشمند"، اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان، تهران، ۱۳۸۰.
- [۱۸] قربی، میترا. سفلائی، فرزانه، "نانو تکنولوژی گامی به سوی معماری پایدار"، فصلنامه شهرسازی و معماری، شماره ۷۲ و ۷۳، ۱۳۹۰.
- [۱۹] کرامت‌آذر، ز. فیض‌اله بیگی، ا. حاجب، س. "بررسی جایگاه مصالح هوشمند و خود ترمیم در معماری پایدار". اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار، همدان، دانشکده فنی شهید مفتح همدان، شهریور ۱۳۹۲.
- [۲۰] کریمی، محمد صادق. وثیق، بهزاد. علایی، علی. "کاربرد نانو تکنولوژی در معماری آینده"، اولین همایش ملی نانو تکنولوژی مزایا و کاربردها، ۱۳۹۲.
- [۲۱] گرجی مهلبانی، یوسف، حاج ابوطالبی، الناز، "مصالح هوشمند و نقش آن در معماری، فصلنامه مسکن و محیط روستا"، دوره ۲۸، شماره ۱۲۷، ص ۸۱-۶۶، ۱۳۸۸.
- [۲۲] گلابچی، محمود، تقی زاده، کتایون، سروش نیا، احسان، "نانو فناوری در معماری و مهندسی ساختمان"، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۹۰.
- [۲۳] محمد زاده، محمد. "گذار به الگوی نظری جهان پایدار"، فصلنامه معمار، شماره ۲۶، ۱۳۸۳.
- [۲۴] مفیدی مجید، روشن ضمیر، شیمیا، "پوسته هوشمند"، آبادی، شماره ۶۳، ص ۱۲۸-۱۳۳، تهران، ۱۳۸۸.
- [۲۵] مهرگان، مهسا، "مصالح هوشمند و ضرورت تغییر در بهره‌گیری انسان از طبیعت (تأمین مصالح مورد نیاز سازگار با محیط)". همایش منطقه ای معماری و مصالح ساخت، مرکز آموزشی و فرهنگی سما واحد ساری، ۱۳۹۰.
- [۲۶] وثوقی، حمیدرضا، سادات شکوهی، کاظم، "کتاب مبانی مصالح هوشمند در مهندسی عمران و معماری". انتشارات امیرکبیر، چاپ اول، ۱۳۹۰.

[۲۷] Addington, D. Michelle; Schodek, Daniel L. (۲۰۰۵). "Smart Materials and Technologies for the Architecture and Design Professions", Architectural Press/Elsevier: Oxford.

[۲۸] Atkins, Ronald L. and Partners, (۲۰۰۴). "Advanced Energetic Materials", The National Academics Press, Washington, DC.

[۲۹] Carotenuto, G., Nicolais, F. Reversible "Thermochromic Nanocomposites Based on Thiolate-Capped Silver Nanoparticles Embedded in Amorphous Polystyrene" Materials Vol. ۲, pp.۱۳۲۳, (۲۰۰۹).

[۳۰] Lee, C. K., Davis, El Sheikh, Mohamed, (۲۰۱۱), "Building Skin Intelligent: A parametric and algorithmic tool for daylighting performance design integration", A Thesis Presented to the faculty of the usc school of architecture university of southern california .

[۳۱] Myer, Kutz, (۲۰۰۲). "Handbook of Material Selection" John Wiley & Sons, Inc., N.Y.

[۳۲] Ritter, Axel, (۲۰۰۷). "Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design", Birkhauser, Switzerland.

[۳۳] <http://www.architectmagazine.com>

[۳۴] <http://float-glass.blogfa.com>

[۳۵] <http://edu.nano.ir/>

[۳۶] <http://dorgoonenano.ir>