

# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران

## مصالح نوین و نقش آن در معماری پایدار

محمد حسین کاردگران \* ۱ ، ماندانا خلیل خلیلی ۲

۱- محمد حسین کاردگران، فارغ التحصیل رشته معماری در مقطع کارشناسی از دانشگاه غیر انتفاعی روزبهان ساری:

M.H.kardgaran@gmail.com

۲- ماندانا خلیل خلیلی، فارغ التحصیل رشته معماری در مقطع کارشناسی از دانشگاه آزاد شاهرود.

### چکیده

در زندگی امروزه بشر افزایش جمعیت با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی همراه است که این منابع معضلی بزرگ در حفظ طبیعت محسوب می‌شوند. در زمینه معماری پایدار در طراحی ساختمان‌های امروزی که مصرف سوخت‌های فسیلی را به حداقل می‌رساند، می‌توان گامی بلند برداشت. با پیشرفت روز افزون علم و فناوری‌های جدید در عصر تکنولوژی، می‌توان در حوضه ساختمان به دستاوردهای جدید و متناسب با معماری پایدار دست یافت. مصالح هوشمند مصالحی هستند که سعی در تطابق با شرایط محیطی دارند و بر اثر تغییرات محیط، واکنش نشان می‌دهند. ساخت مصالح هوشمند تاثیر بسزایی در کاهش مصرف انرژی دارد و همینطور بازنگری کلی در زمینه تولید مصالحی مانند سیمان، که برای تبدیل سنگ آهک به سیمان، درجه حرارت به ۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ سانتیگراد نیاز است که همین امر باعث تقریباً ۵ درصد کاهش انرژی مصرفی در جهان را شامل می‌شود. پژوهشگران اروپایی امیدوارند بزودی با استفاده از باکتری‌های زنده، از آنها به عنوان مصالح ساختمانی مدرن استفاده کنند. در این مقاله سعی بر معرفی مصالح هوشمند و مصالح مدرن، عملکرد و مزایای استفاده از آنها در بنا گردیده است.

واژه های کلیدی: معماری پایدار ، مصالح هوشمند ، مصالح نوین.

## مقدمه

انسان از بدو پیدایش، در پی استحصال منابع در جهت استفاده و رفاه خویش بوده است. رفاهی که با برهم زدن تعادل طبیعت، وارد نمودن آلودگی‌های مختلف به محیط زیست و آسیب بر پیکره آن همراه شده است. با انقلاب کشاورزی و پس از آن انقلاب صنعتی در سالهای ۱۷۰۰ تا ۱۸۵۰ میلادی، دوره استفاده بی‌حد و مرز انسان از منابع طبیعی بدون توجه به توان محیط و آلودگی‌های ناشی از آن آغاز گردید. پس از دوره صنعتی و پای گذاشتن انسان به دوره تکنولوژی، آسیب‌های وارد شده به محیط زیست و مشکلات حاصل از این آسیب‌ها مورد توجه دلسوزان محیط زیست قرار گرفت، تا جایی که متخصصین با ایجاد ارتباطی میان توسعه و محیط زیست، مبحث توسعه پایدار را با هدف استفاده از منابع طبیعی به اندازه توان محیط، و لزوم قابل استفاده بودن آن برای آیندگان، مطرح نمودند و در ادامه، این رویکرد در دهه ۱۹۷۰ میلادی به ابداع مفهومی به نام اکوتکنولوژی انجامید. مفهوم اکوتکنولوژی در چند دهه اخیر علوم زیادی را تحت پوشش قرار داده است. این مفهوم در طراحی ابنیه به رویکردی اطلاق می‌شود که با توجه به آن، طراحی ساختمان بر اساس استفاده از برترین تکنولوژی روز دنیا با پیروی از اصول توسعه پایدار و با هدف بهینه‌سازی مصرف انرژی و به حداقل رساندن آلودگی‌های زیست محیطی انجام می‌گیرد. تجلی این رویکرد، بیشتر در ساخت و سازهای کشورهای پیشرفته مشهود است و توجه به منظر شهری با ایجاد بام سبز، دیوار سبز، استفاده از انرژی‌های پاک، استفاده از مصالح هوشمند و ساخت موادی مانند سیمان با صرف کمترین انرژی برای ساخت این محصول پر کاربرد، از مواردی است که حاصل تلفیق مفاهیم توسعه پایدار و توسعه شهری است.

## مصالح و فرآورده‌های نوین

در حال حاضر طیف وسیعی از فرآورده‌ها و مصالح، در دسترس قرار گرفته‌اند و یا اینکه در حال عرضه به بازار هستند. برخی از آنها به طور خاص برای استفاده در زمینه معماری تولید شده و برخی نیز برای کاربردهای دیگری مثل صنعت منسوجات، اتومبیل‌سازی و ... در نظر گرفته شده‌اند. اما نکته اصلی اینجاست که چگونه این مصالح نوین در دسترس معماران و طراحان قرار گیرد! اگر برای معماران این امکان فراهم آید که بتوانند تمام این مصالح و فرآورده‌ها را مستقیماً یا به شکل اصلاح شده در پروژه‌های خود به کار گیرند، آنگاه سیل عظیمی از امکانات تازه و جالب برای طراحی ساختمانها و روشهای ساخت را به دنبال خواهد داشت. معماران خلاق می‌توانند مصالح و فرآورده‌های نوین را برای کاربردهای خاص معماری توسعه دهند و قادر خواهند بود صنعت تازه‌ای را در معماری بر پایه مصالح نوین پدید آورند و در نتیجه، معماران بیش از آنکه طراح ساختمان باشند، مجری، تولیدکننده و

سازنده آن نیز خواهند بود. مصالحی را که در ذیل به توضیح آنها می پردازیم، مصالح و مواد خامی هستند که دارای پتانسیل های خاص و کاربردی در زمینه معماری و ساخت و ساز میباشند. این فهرست با توجه به ویژگی ها، ساختار و خصوصیات درونی این مواد تهیه شده است.

**۱- مصالح بازیافتی:** این مصالح اساسا از مواد دست دوم و زباله های تمیز، تهیه می شوند. برای تهیه مصالح بازیافتی، قسمت های ارزشمند مصالح دست دوم مورد استفاده قرار می گیرد ولی به هر حال فرآورده حاصله معمولا کیفیت پایین تری نسبت به مصالح اصلی دارد. امروزه استفاده از مصالح بازیافتی با توجه به اصول معماری پایدار بسیار مورد توجه قرار گرفته است. تصاویر زیر نمونه های استفاده از این مصالح را در یک پروژه مسکونی در کشور ژاپن نشان میدهد.



**شکل شماره ۱:** کاشی های بازیافت شده از شیشه و متریال های زائد (مجموعه مسکونی میساوا، ژاپن - نخستین نمونه جهانی ساختمان های صفر-انرژی)

**۲- مصالح تجزیه پذیر زیستی:** ترکیبات تشکیل دهنده این مصالح به گونه ای است که پس از پایان عمر و مدفون شدن در زیر خاک به طور کلی توسط جانوران میکرو سکویی موجود در خاک تجزیه می شوند. بنابراین تهدیدی برای آلودگی محیط زیست محسوب نمیشوند.

**۳- زیست مواد:** شامل پلاستیک ها و مصالح دیگری است که از منابع تجدیدپذیر ساخته می شوند. تحقیقی که در حال حاضر بر روی این مواد بسیار مورد توجه است، استفاده از باکتری خاصی است که مصرف می کند و قادر به متلاشی نمودن CO2 گاز این پلاستیک هاست.

۴- **مصالح تغییر ناپذیر:** مصالحی هستند که تاثیرات فیزیکی و شیمیایی بر آنها اثر ندارد. مثالی از این نوع مصالح، آلیاژ فولاد می باشد.

۵- **مصالح هوشمند:** این مصالح مواد و فرآورده‌هایی هستند که خاصیت تغییرپذیری دارند و قادرند مشخصه‌های ظاهری و یا درونی خود را در پاسخ به تاثیرات فیزیکی و شیمیایی به صورت برگشت پذیر تغییر دهند.

۶- **مصالح هیبرید یا پیوندی:** این مصالح با تلفیق حداقل دو ترکیب متفاوت ساخته می شوند. مثل تلفیق ترکیبات طبیعی و مصنوعی.

۷- **مصالح با ساختار فسیل‌واره:** این ها نوعی مصالح مرکب با لایه‌های ملحق شده تدریجی می باشند. این مصالح نتیجه یک تغییر پیوسته در ویژگی‌های مصالح است. مثالی از این نوع مصالح نفت خام می باشد که از قرار گرفتن لایه‌های متعدد در طول سالیان متمادی ایجاد میشود.

۸- **نانو متریال (مصالح نانو):** مصالحی هستند که از موادی با مقیاس نانو (یک میلیاردم) ساخته می شوند و نقاط اشتراک زیادی با مصالح هوشمند دارند. مواد با ساختار نانو به عنوان پوشش‌هایی در ساخت فرآورده‌ها به کار میروند. به عنوان مثال در پوشش‌های هوشمند ضد خوردگی، تصفیه کننده هوا، تمیز کننده سطوح و پوشش‌های زیست فعال کاربرد دارند.

### سیمان و سهم آن در تغییرات آب و هوایی

تغییرات آب و هوایی موضوعی است که تقریباً هر روز در اخبار اعلام می گردد. با توجه به مطالعات علمی و اعتقاد گسترده اجتماعی، عمده ترین عامل در تغییرات آب و هوایی افزایش گازهای گلخانه‌ای است که سبب افزایش دمای کره‌ی زمین گردیده است. بسیاری از تحقیقات علمی نشان می دهند که یکی از مهمترین عوامل این موضوع دی اکسید کربن بوده و در سال‌های اخیر قوانین بسیاری برای محدود کردن تولید گازهای گلخانه‌ای از جمله دی اکسید کربن افزایش یافته است. یکی از مهمترین فعالیت‌ها که تا کنون باعث انتشار بخش قابل توجهی از گازهای گلخانه‌ای (حدود ۵ درصد) شده، صنعت سیمان می باشد که برای زیر ساخت‌هایی مانند ساختمان‌های مسکونی، جاده‌ها، سدها، سیستم فاضلاب و ساختارهای بی شمار دیگری مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به مطالعات انجام شده پیش بینی می شود که تا سال ۲۰۵۰ کارخانجات سیمان سراسر جهان ۵ میلیارد تن دی اکسید کربن در سال تولید کنند. علاوه بر این، تولید سیمان همیشه با انتشار دی اکسید کربن همراه بوده است، چرا که نمی توان شیمی این فرایند را تغییر داد.

تصور زندگی مدرن بدون سیمان غیرممکن است. این ترکیب غیرآلی به عنوان چسب در تولید بتن برای ساخت جاده‌ها، ساختمانها، سدها، پلها و ... عمل میکند و زیرساختهای مدرن و مقرون بهصرفهای را ایجاد میکند. علاوه بر این، صنعت تولید سیمان و بتن به‌عنوان بخشهای مهم و پویای اقتصاد جهانی و کشورها محسوب میشوند و از عوامل بهبود استانداردهای زندگی در سراسر جهان به‌شمار می‌روند. تولید بتن حدود ۳۰ برابر از نظر حجم و ۱۰ برابر از نظر جرم بیش از فولاد ( نزدیکترین رقیب تولید کننده صنعتی) است. مواد بر پایه سیمان، مانند استفاده انواع بتن و ملات ها، در مقادیر فوق العاده وسیع استفاده می شوند. به جز فراوانی و هزینه نسبتا پایین در مقایسه با سایر مواد، سیمان و بتن به خوبی در دمای طبیعی محیط به عمل آمده و نیاز به تجهیزات پیچیده برای مخلوط و فعال کردن آن نیست. همچنین به راحتی می توان آن را فرم داده و طی چند ساعت به شکل سخت و مفید تبدیل کرد. صنعت سیمان با چالشها و نگرانیهای بسیاری در بخش زیست محیطی و مسائل مربوط به پایداری روبرو است. این صنعت مقادیر بسیاری از مواد اولیه غیرقابل تجدید را مصرف کرده و طی فرآیند تولید مقدار قابل توجهی دی اکسید کربن و ذرات را به محیط منتشر میکند. تخمین زده شده که ۶-۵ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای دی اکسید کربن تولید شده ناشی از فعالیتهای انسانی، از تولید سیمان سرچشمه گرفته است. به منظور به حداقل رساندن تأثیر کلیه مسائل فوق، روشن است که سیمان و صنعت ساخت و ساز باید همچنان پایدار بوده و در این مسیر شیوه های ابتکاری و جدید اتخاذ گردد. این بحث به دنبال فناوری نوین تولید، ترکیبات جدید، مواد خام و منابع انرژی جایگزین، ترکیبات سیمانی جایگزین و همچنین راههای مقابله با تولید گازهای گلخانه‌ای بوده است.

### مراحل تولید سیمان:

به طور کلی مراحل تولید سیمان به سه بخش: استخراج، آماده سازی و خرد کردن مواد خام، تولید کلینکر و آسیاب و توزیع سیمان تقسیم می شود.

- ۱- مواد خام مورد استفاده در تولید سیمان شامل: سنگ آهک، سنگ آهن، سیلیس و سنگ گچ از معادن استخراج میشوند.
- ۲- انتقال مواد خام به کارخانه .
- ۳- مواد خام همگن شده تا آماده ورود به آسیاب مواد شوند .
- ۴- در آسیاب مواد خام، مواد به ذرات کوچکتری تبدیل می شوند .
- ۵- پیش گرمایش: در این مرحله مواد خام در حدود ۹۰۰ درجه سانتیگراد حرارت دیده و فرآیند کلسیناسیون شکل میگیرد.
- ۶- در مرحله بعد مواد خام تا ۱۴۵۰ درجه سانتیگراد در کوره حرارت میبینند و کلینکر تولید میشود.
- ۷- کلینکر تولید شده به سرعت خنک می شود.

۸- کلینکر تا آسیاب بعدی در سیلوها، ذخیره و نگهداری می‌گردد.

۹- به وسیله ترکیب گچ و مواد افزودنی دیگر با کلینکر، سیمان تولید میشود.

### سیمان با مصالح بازیافتی

پژوهشگران اروپایی امیدوارند بزودی با استفاده از باکتری های زنده، از آنها به عنوان مصالح ساختمانهای مدرن استفاده کنند. برای این کار از یک نوع بسیار رایج باکتری موجود در خاک استفاده می شود که در مخلوطی از اوره و ماده مغذی و در درجه حرارت ثابت، در حدود سی درجه سانتیگراد تکثیر می شوند. در داخل این ترکیب، باکتری ها دوباره شروع به رشد می کنند، تعداد آنها افزایش زیادی پیدا می کند، چون برای این امر به مقدار خاصی باکتری نیاز است که با آنها سیمان درست شود. پس از حدود ۳ ساعت تخمیر، مخلوط آماده استفاده است. در چارچوب یک پروژه تحقیقاتی اروپایی، این دانشمندان باکتری های احیا شده را به ترکیبی از شن و ماسه، مواد زائد صنعت سیمان و خاکستر پوسته برنج اضافه می کنند. مواد خام آن اساسا زباله است. بنابراین هزینه اضافه ندارد. به عنوان مثال، به استخراج و حمل سنگ آهک که معمولا برای تولید سیمان استفاده می شود نیاز نیست. بعلاوه در مصرف انرژی هم صرفه جویی می شود. برای تبدیل سنگ آهک به سیمان، درجه حرارت به ۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ سانتیگراد می رسد. این از نظر مصرف انرژی افتضاح است. اما در این روش به سی درجه سانتیگراد نیاز داریم تا باکتری ها تکثیر یابند. این تفاوت بزرگی است، چون در این امر از یک فرآیند بیولوژیکی برای چسباندن ذرات به هم استفاده می شود. باکتری ها ذرات را به طور طبیعی به هم متصل کرده و کربنات کلسیم تولید می کنند. نتایج اولیه آزمون های مختلف نشان می دهد که این محصول از انعطاف پذیری و مقاومت خوبی برخوردار است. استفاده از این ماده در ملات، بهتر است تا در ساخت و ساز بدنه اصلی سازه. به این دلیل که نسبت به سیمان های سنتی مقاومت کمتری دارد. بنابراین استفاده از آن به عنوان ملات است بهتر است.



شکل شماره ۲: سیمان تولید شده با باکتری های زنده و مواد زائد

## مصالح هوشمند

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 میدهند. به بیان دیگر این مصالح قابلیت تغییرپذیری داشته و قادرند شکل، فرم، رنگ و انرژی درونی خود را به طرز برگشت پذیر در پاسخ به تاثیرات فیزیکی و یا شیمیایی محیط اطراف تغییر دهند. 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 تکرارپذیر و قابل برگشت خواهد بود. مصالح هوشمند تحت عنوان مصالح انعطاف پذیر و تطبیق پذیر نیز شناخته می شوند و این به دلیل ویژگی خاص آنها در تنظیم نمودن خود با شرایط محیطی می باشد. متغیرهای تاثیرگذار شیمیایی و فیزیکی که در زیر معرفی شده‌اند، محرکهایی هستند که مصالح هوشمند در برابر آنها از خود عکس العمل نشان می دهند.

۱- نور، اشعه UV: بخش فرابنفش و مرئی اشعه الکترومغناطیسی

۲- دما: تغییرات دمایی که یک سیستم فیزیکی مثل بدن انسان ایجاد مینماید

۳- فشار: اختلاف فشار ایجاد شده در یک ناحیه

۴- میدان الکتریکی: میدان ایجاد شده پیرامون یک بار الکتریکی



۵- میدان مغناطیسی: میدان ایجاد شده پیرامون یک آهن ربا یا یک بار الکتریکی متحرک

۶- محیط شیمیایی: حضور یک عنصر یا ترکیب شیمیایی خاص مثل آب.

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 میشوند. اما در طبقه بندی مصالح هوشمند علاوه بر در نظر داشتن مشخصه‌های فوق، خواص دیگری که به طور ویژه به تمیز دادن مصالح هوشمند از مصالح سنتی مربوط می شود نیز لحاظ شده است. در واقع طبقه بندی پیشنهادی مصالح هوشمند بر پایه سه خاصیت زیر ارائه شده اند.

۱- مصالح هوشمند دارای قابلیت تغییر خواص درونی: مصالح هوشمند تغییر شکل دهنده مصالح هوشمند تغییر رنگ دهنده مصالح هوشمند تغییر پیوند دهنده.

۲- مصالح هوشمند دارای قابلیت مبادله انرژی: مصالح هوشمند ساطع کننده نور مصالح هوشمند تولید کننده الکتریسیته مصالح هوشمند ذخیره کننده انرژی.

۳- مصالح هوشمند دارای قابلیت تغییر و مبادله مواد درونی: اما آنچه که در سیستم طبقه بندی مصالح هوشمند اهمیت دارد این است که با توجه به مباحث مطرح در زمینه توسعه پایدار که دغدغه اصلی قرن پیش روست، هر یک از این مصالح چه عملکردهایی از لحاظ تعامل با محیط زیست، دوام و پایداری، امکان بازیافت مجدد، زیبایی و مطلوبیت و ... دارند؟ بنابراین در ادامه با معرفی مصالحی که در هر یک از گروههای ذکر شده جای میگیرد به ارائه پروژه های موفق و خلاق در استفاده از مصالح هوشمند می پردازیم.

**مصالح هوشمند تغییر شکل دهنده**

این گروه از مصالح هوشمند که دارای قابلیت تغییر خواص درونی خود هستند در پاسخ به محرکات خارجی تغییراتی در شکل و ابعاد خود ایجاد می کنند که این تغییرات بستگی به نوع توزیع و آرایش ترکیبات تحریک پذیر درونی آنها دارد. هم اکنون مصالح زیادی با ویژگی فوق در دسترس است اما از پرکاربردترین آنها می توان به مصالح هوشمند

دما واکنش (Thermostrictive) پیزوالکتریکی (Piezoelectric)، الکترو واکنشی (Electroactive) و شیمی واکنشی (Chemostriuctive) اشاره نمود که در حال حاضر بیشترین توجه را در زمینه معماری به خود معطوف نموده اند.

### مصالح هوشمند دما واکنشی:

این نوع از مصالح هوشمند که زیر مجموعه مصالح هوشمند تغییر شکل دهنده میباشند، نوعی ویژگی ذاتی دارند که آنها را قادر میسازد 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.

مصالح دما واکنشی به نوبه خود انواع و اقسام متنوعی از متریاها را شامل می شوند اما تعداد محدودی از آنها در معماری کاربرد دارند. در زیر نمونه ای از آنها و کاربرد آن در یک پروژه ساختمانی ارائه می شود. مصالح منبسط شونده Expansion (Thermal Material) با نام اختصاری (TEM) نمونه ای از مصالح دما واکنشی هستند که دارای ضریب انبساط گرمایی اند. گرماسنج ها از اولین سیستم هایی بودند که با بکارگیری چنین مصالحی ساخته شد. اما مهمترین کاربرد آنها در معماری در ترموستاتهای گرمایشی برای سرویسهای خدماتی ساختمان و همچنین به عنوان محرکهای ویژه های در گلخانهها و در نمای ساختمانها برای کنترل و مدیریت انرژی به کار میروند. کاربرد دیگر آنها در سیستم تهویه اتاق های ساختمان میباشد. با وجود اینکه مصالح منبسط شونده (TEM) در دهه های اخیر به عنوان اجزای ترموستاتها بکار میرفتند اما استفاده از آنها برای تهویه اتوماتیک ساختمان مربوط به چند سال اخیر میشود. طرز کار این سیستم نیز به گونهای است که در دماهای مشخص سیستم باز یا بسته می شود تا شرایط تهویه مناسب فضا را فراهم سازد. آنها همچنین میتوانند با بالا بردن یا پایین آوردن بخشهایی از پوشش بام به صورت اتوماتیک، به عنوان اجزای سیستم تهویه در نمای ساختمانها طراحی شوند.

### بررسی نمونه های موردی

در سال ۲۰۰۴ میلادی یک مسابقه معماری برای طراحی و روش ساخت مرکز گردهمایی و اسناد در محل کمپ سابق در شهر هینزرت آلمان برگزار شد. ایده معمار برای طراحی این بنا فرم مدور موجود در طرح پیشین این بنا بوده است که از

آن به عنوان عنصر پایه طراحی و اصل ساختاری متحرک خود استفاده نمود. طرح او متشکل از یک ساختار بر پایه چهار حلقه میباشد که هر یک، دیگری را در بر گرفته و در حجم کلی بصورت مخروط شکسته می باشند. دو حلقه بیرونی متعلق به کتابخان - ه و س - الن کنفرانس میباشد و استوانه شیشه‌ای که این حلقه‌ها را قطع میکند، از سه طبقه تشکیل شده که سالنهای گالری را در خود جای میدهد. فضای باز بین این حلقه‌ها به عنوان سراسرا و محل اجتماع بازدیدکنندگان عمل می کند. دیوارهایی که این سراسرا را شکل می دهند ساختاری مدور با نمای شیشه‌ای بدون قاب دارند که دارای یک روکش فلزی از قسمت خارجی است. این نما حالت متحرک و پویا دارد و میتواند مقادیر متغیری از نور خورشید را به داخل ساختمان بفرستد. این نما به پانلهای دوگانه‌ای تقسیم شد. که بر روی یک محور قادر به چرخش بر اساس زوایای متغیر هستند (زوایای چرخش بستگی به زاویه تابش خورشید دارد). استفاده از لایه نازک سلولهای خورشیدی در کنار مصالح دما واکنشی (TEM)، 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 محرک کنترل کننده میباشد، اجزای TEM به این سیستم عایق گرمایی، اضافه شده اند. هم زمان ورقه‌های مستقر در گوشه‌های 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.

### مصالح هوشمند تغییر رنگ دهنده

همانطور که از اسم این مصالح پیداست آنها قادرند رنگ یا مشخصه‌های بصری خود را در پاسخ به یک یا چندین محرک خارجی به صورت برگشت پذیر تغییر دهند. این مصالح با توجه به محرک انگیزاننده خود انواع مختلفی را شامل می شوند ولی تعدادی از آنها که در کاربردهای معمارانه بسیار مورد توجه اند شامل مصالح فتوکرومیک، ترموکرومیک و الکتروکرومیک می باشند.

#### ۱- مواد فتوکرومیک

مصالح فتوکرومیک (Photochromic Material) به نام اختصاری PC در حال حاضر بسیار مورد توجه معماران قرار دارند. این مصالح با قرارگیری در برابر (اشعه مرئی UV)، نور (IR) یا اشعه الکترومغناطیسی با تغییر رنگ از خود واکنش نشان می دهند. مواد فتوکرومیک انرژی تابشی را در ناحیه ماوراءبنفش جذب می نمایند و با قرارگیری در برابر این اشعه، رنگ خود را تغییر می دهند. مولکولی که برای ایجاد رنگ در این نوع مواد استفاده می شود، در شکل غیر فعال خود بی رنگ به نظر می رسد. زمانی که در معرض فتونهایی از تابش با طول موج خاصی قرار می گیرد، ساختار مولکولی آن به حالتی برانگیخته تغییر یافته و بنابراین

انعکاس طول موجهای بلندتر طیف مرئی نور را آغاز می نماید . با از بین رفتن منبع نور ماوراءبنفش مولکول به حالت اولیه خود باز می گردد. این مواد از این نظر که می تواند در ترکیب با شیشه های معمولی به کار رود و به هیچ تجهیزات الکتریکی خاصی نیاز ندارد ، بسیار مناسب هستند. از میان اولین پروژه هایی که در آنها از مصالح PC در پوشش ساختمان استفاده شده بود می توان «طرح ورودی موزه هنرهای مدرن مونیخ» را نام برد که دو معمار آلمانی در مسابقه های در سال ۱۹۹۲ میلادی از این مصالح استفاده نمودند. از آن زمان به بعد استفاده از این مصالح در معماری و در پوشش نمای بناها باب شد. هر چند که در ابتدا بکارگیری این مصالح بخاطر جنبه زیبایی آنها بود (بخاطر طیف رنگی که در برابر نور ایجاد می نمودند). اما پژوهشگران تحقیقات بسیاری بر روی این مصالح انجام دادند تا بتوانند از این فرآورده برای عملکردهای دیگری مثل کاهش میزان مصرف انرژی و یا تغییرات دمایی این پوششها استفاده نمایند.



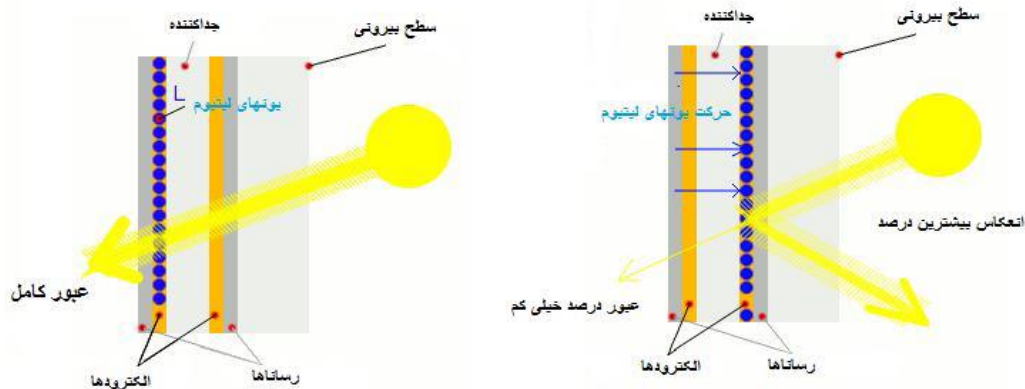
شکل شماره ۳: موزه هنرهای مدرن مونیخ، استفاده از شیشه فتوکرومیک در پوشش نما

## ۲- مواد ترموکرومیک

مواد ترموکرومیک موادی هستند که قادرند به طور برگشت پذیری رنگ خود را در واکنش به گرما تغییر دهند . 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 . در معماری و طراحی داخلی همیشه این تمایل وجود داشته است که حضور قبلی یک فرد در مکانی خاص و یا حتی روی مبلمان ، نشان داده شود . مواد ترموکرومیک این قابلیت را به طراحان بخشیده اند . 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. این رنگ ها برای سطوح فلزی ، چوبی ، پلاستیکی و چرمی مناسب هستند . می توان این رنگها را برای دمای خاصی تنظیم نمود.

### ۳- مواد الکتروکرومیک

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 . قطع جریان الکتریکی موجب می شود فرآیند در جهت عکس عمل کند و شیشه مجددا روشن شود.



شکل شماره ۴: چگونگی عملکرد شیشه های الکتروکرومیک

کاربرد م صالح الکتروکرومیک نیز در معماری شیشه های الکترواپتیکال می باشد . م صالح الکترواپتیکال با قرارگیری در معرض اشعه خورشید مشخصه بصری یعنی میزان شفافیت خود را تغییر می دهند . در حال حاضر بزرگترین پوشش الکترواپتیکال در جهان در یک نمای ساختمان در توکیو در سال ۲۰۰۴ میلادی بکار برده شد. این بنای ۱۰ طبقه شامل ۱۳۰۰ مترمربع مرکز خرید، یک سالن کنسرت و یک رستوران می باشد. نکته جالب توجه در این پروژه نمای آن است که در واقع ۹۱۰ مترمربع از نمای این بنای بلند ۵۶ متری در معرض دید است و بخاطر سیستم طراحی خاص آن قادر است نماهای متفاوتی از خود در طول شبانه روز به نمایش بگذارد. این نما از چندین لایه عملکردی تشکیل شده، در جدار بیرونی آن از نوعی شیشه خاکستری استفاده شده که با اتصال به قابهای آهنی ضد زنگ کناری و سازه لوزی شکل لانه زنبوری، به بنا ظاهری آراسته و زیبا می دهد. قشر بعدی یک لایه فضای خالی است و بعد از آن لایه قابل تنظیم الکترواپتیک تعبیه شده است و در نهایت جدار داخلی بناست که از یک نوع شیشه با لایه ایمنی از دو طرف تشکیل شده و یک ریل آلومینیومی افقی از مقابل آن عبور

می‌کند که بر روی آن دو ردیف لامپهای LED سفید جایگذاری شده. در این سیستم در طول روز شیشه الکترواپتیک و به دنبال آن کل نما حالت شفاف دارند. منظری که در داخل بنا ایجاد می‌شود غیرقابل تصور است. در طول شب شیشه حالت مات به خود گرفته و نما یک پوشش نمایشی مانند یک پرده سینما ایجاد میکند. در این نما میتوان تصاویر را بخوبی پرده نمایشی سینما مشاهده نمود.



شکل شماره ۵: نمای ساختمان شب و روز اداره مرکزی کمپانی شانل توکیو

### نتیجه گیری:

با توجه به بحران انرژی و همینطور آلودگی محیط زیست و گرم شدن کره ی زمین می توان بخشی از این آلودگی ها را کم و انرژی ها را ذخیره کرد. این امر می تواند با تحقیقات وسیع و سرمایه گذاری در زمینه مصالح هوشمند همراه باشد. با استفاده از تکنولوژی های جدید در ساخت مصالح هوشمند با توجه به اقلیم و به حداقل رساندن مصرف سوخت های فسیلی و تحقیقات وسیع در زمینه صنعت مصالح ساختمانی و اصلاح روش های قدیمی برای تولید مصالح و باز نگری در تولید آن می توان از آلودگی ها و مصرف بی رویه انرژی جلوگیری کرد و جهانی سالم و پاک بدون انرژی های فسیلی رقم زد.

## فهرست منابع

- ۱- ج.لانگ، کاترین (۱۳۸۶). انقلاب کشاورزی (مهدی حقیقت خواه، مترجم). تهران: ققنوس (۲۰۰۴)
- ۲- گرجی مهلبانی، یوسف (۱۳۸۹). معماری پایدار و نقد آن در حوزه محیط زیست. نشریه علمی-پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، ۱(۱)، ۹۱-۱۰۰
- ۳- زائری امیرانی، آزاده (۱۳۹۳). بررسی اجمالی تولید سیمان: چگونه این صنعت «سبز» و «پایدار» می شود. ماه نامه علمی-تخصصی فن آوری سیمان. شماره ۷۳
- ۴- گرجی مهلبانی، یوسف (۱۳۸۸). مصالح هوشمند و نقش آن در معماری. مسکن و محیط روستا ۱۳۸۸ (۲۸): ۱۲۷-۶۶: ۸۱-۶۶
- 5- Addington, M. and Schodek, D., (2005), "Smart Materials and New Technologies For Architecture and Design Professions", Architectural Press/ Elsevier, Oxford, pp 8-168.
- 6- Iranmanesh, L., & Nakhaie, H. (2011). Study of the Roles of Eco-tech Architecture in Development of Tourism Industry, Proceedings from 2<sup>nd</sup> International Conference on Business, Economics and Tourism Management, Singapore
- 7- Myer, Kutz, (2002). "Handbook of Material Selection" John Wiley & Sons, Inc., N.Y.
- 8- Ritter, Axel, (2007). "Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design", Birkhauser
- 9- <http://www.euronews.com>

# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



تازه های آموزش  
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



تازه های آموزش  
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



تازه های آموزش  
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران