

# اولین همایش بین المللی سومین همایش ملی معماری، مرمت شهرسازی و محیط زیست پایدار

## The first international and the third national Conference of Architecture Restoration, Urbanism and Stable Environment

۲۸ آبان ۱۳۹۴



### بررسی تاثیر فناوری نانو در شیشه‌های خود تمیزشونده و آسان تمیزشونده

محمد شرفی<sup>۱</sup>، سهیلا حمیدزاده خیایوی<sup>۲\*</sup>

۱- گروه مهندسی معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران

۲- گروه مهندسی معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران

#### چکیده

با توجه به اهمیت صرفه جویی در مصرف انرژی در وضعیت کنونی جهان، آنچه در نگاه اول مهم جلوه می‌کند، نحوه ساخت ساختمان‌ها و انتخاب مصالح است. همین امر باعث بهره‌گیری روزافزون بشر در استفاده از مصالحی چون شیشه‌های دوجداره، عایق‌های جدیدتر و مصالح با مقاومت حرارتی بیشتر، با وجود گران بودن آن شده است، چون این واقعیت وجود دارد که این مصالح هزینه خود را در طول سالیان بعد جبران می‌کنند. فناوری‌های نوظهوری چون نانو، به کمک این مساله آمده‌اند تا معایب روش‌های قبل را از بین برده و کیفیت جدیدی ارائه دهد که تنها در این حوزه از فناوری قابل دستیابی است. از این رو معرفی و مطالعه این محصولات و نحوه عملکرد آن‌ها در حوزه ساختمان ضروری به نظر می‌رسد، تا با بهره‌گیری از آن به بهبود کیفیت معماری و محیط پیردازند. هدف از ارائه این مقاله بررسی خواص شیشه‌های خود تمیزشونده و آسان تمیزشونده به کمک نانو تکنولوژی می‌باشد.

کلمات کلیدی: فناوری نانو، مصالح نوین، شیشه‌های خود تمیزشونده

# اولین همایش بین المللی سومین همایش ملی معماری، مرمت شهرسازی و محیط زیست پایدار

## The first international and the third national Conference of Architecture Restoration, Urbanism and Stable Environment

۲۸ آبان ۱۳۹۴



### مقدمه

فناوری نانو روش های زیادی برای بهبود خواص سطوح نمای ساختمان چه از نظر عملکرد و چه زیبایی عرضه می کند. با استفاده از نانو مواد، خواص سطوح در برابر آب و ذرات گرد و خاک (ذرات کثیف) با تنوع نسبتاً زیاد و به صورت دلخواه قابل تنظیم است (هسن، ۲۰۰۷). نانو پوشش ها از جمله محصولات فناوری نانو است که به عملکرد بهتر نمای ساختمان منجر می شود. نانو پوشش ها دارای انواع مختلف و عملکردهای متفاوتی هستند و البته بعضی از آن ها می توانند بر روی لایه خارجی بسیاری از مصالح به کار رفته و عملکرد یکسان ارائه دهند. مثلاً عملکرد خود تمیز شوندگی که بر روی شیشه به کار می رود، می تواند بر روی سطوح مختلف دیگری چون سرامیک، بتن، سیمان، چوب، کفپوش ها و ... کار رود. از طرف دیگر ممکن است که چند عملکرد با هم ترکیب شده و مصالح چندکاره را بوجود بیاورند. برای مثال می توان بر روی یک دیوار (در فضاهای بهداشتی) عملکرد خود تمیز شوندگی، ضد باکتری، ضد قارچ، تصفیه کنندگی هوا و ... را به وسیله قرار دادن نانو پوشش های مختلف بر روی آن، با هم در اختیار داشت. طراحی و بکارگیری روش های مناسب، استفاده از مواد و مصالح نوین و سیستم های پیشرفته ساختمانی (شیشه های خود تمیز شونده و آسان تمیز شونده) به اهداف زیست محیطی کمک می کنند (عباسعلی پور، ۸۵).

### تعریف فناوری نانو و گستره آن

«فناوری نانو» از فناوری های پیشرفته ای چند دهه ای اخیر است. فناوری که حدود نیم قرن پیش به دنیا معرفی شد و طی دو دهه ای گذشته، پیشرفت و توسعه ای چشمگیری را تجربه کرده است. در واقع، این فناوری که با اصول و مفاهیم شیمی و فیزیک آمیخته است چراغی روشن را برای پیشرفت های شگرف آینده در مسیر علم، فراروی بشر قرار می دهد (زندیه و پروردی نژاد، ۱۳۸۹). هنوز در سطح بین المللی، تعریف کاربردی مشخصی از فناوری نانو ارائه نشده، اما آنچه که همگان بر سر آن توافق دارند، عبارت است از تحلیل و تحقیق پیرامون مواد در مقیاس نانو. بر این اساس، هر فعالیت پژوهشی که در مقیاسی زیر ۱۰۰ نانومتر انجام شود، مصداق فناوری نانو خواهد بود. این آستانه برای ورود به این عرصه، مبین آن است که فناوری نانو آمده تا در ماهیت طبیعی مواد تغییر ایجاد کند. در اصل، فناوری نانو فرایند دست کاری مواد در مقیاس اتمی و تولید مواد و ابزار، به وسیله کنترل آن ها در سطح اتم ها و مولکول هاست. به بیان دیگر، فناوری نانو عبارت است از ترکیب ذرات بسیار ریز برای خلق مواد. در حقیقت، نانو فناوری با ترکیب و پیوند ریز ذراتی موسوم به «نانو ذرات»، فرایند تولید «مصالح نانو» و کاربرد آن ها سر و کار دارد. در حالت کلی، چنانچه ابعاد ذرات مورد مطالعه، در طیفی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد، آن ها را نانو ذرات یا نانو مواد می نامند. تا به امروز، هنوز دانشمندان نتوانسته اند حد و مرزی را برای قلمروی تسخیر شده توسط فناوری نانو، تعریف کنند (سلیمانی، ۱۳۸۷).

در حوزه های مختلف صنعت و دانش، هر روزه شاهد معرفی مواد و ترکیبات جدیدی هستیم که آن بخش از دانش و فن را یک گام به جلو تر می برد. عرصه ای الکترونیک با نیمه رسانای دستاورد فناوری نانو، فصل نوینی را در پیش روی خود می بیند. حس گرها، پلیمرهای نوین، مواد مغناطیسی، غشاها، انواع شیشه ها و پوشش ها و بسیاری موارد دیگر را می توان از نتایج پیدایش فناوری نانو برشمرد. هم اینک، عرصه ها و جنبه های مختلفی از حیات بشر، به دست توانمند فناوری نانو دستخوش تحول شده و می شود. از این میان، می توان به علوم پزشکی، محیط زیست، تأمین انرژی، حمل و نقل، فناوری اطلاعات (IT) و کشف فضا اشاره کرد که این فناوری نوین، مرزهای آن ها را درنوردیده است (حسینی، ۱۳۸۷). حس گرهایی که از حساسیت فوق العاده و امکان حس کردن محرک ها به صورت گزینشی برخوردار هستند، زره های ضد گلوله ای سبک و مقاوم، نانو ذرات حامل انرژی با قابلیت انفجار بسیار سریع، ادوات کوچک پروازی و

# اولین همایش بین المللی سومین همایش ملی معماری، مرمت شهرسازی و محیط زیست پایدار

## The first international and the third national Conference of Architecture Restoration, Urbanism and Stable Environment

۲۸ آبان ۱۳۹۴



هوایمایی که وزن بسیار کمی دارند، موادی که تاب تحمل دما و فشار زیاد را دارند، مواد با مقاومت عالی در برابر تشعشعات رادیواکتیو، سیستم‌های خود ترمیم‌کننده برای شکافتن فضا و اکتشاف‌های کهکشانی، ایمپلنت‌های جایگزین اندام‌ها و قسمت‌های آسیب دیده بدن، نانوموتورها و ایمپلنت‌های سلولی، همه و همه از مصادیق روز دنیا هستند که توجه دانشمندان را به خود معطوف کرده‌اند (عابدی و وزیر تبر، ۱۳۹۳).

### عمل دفع چربی بر روی سطوح شیشه

سطوح دفع آب (Hydro Phobia) : با بکار بردن پوشش‌های خاص، امکان افزایش کشش سطحی شیشه وجود دارد. احتمالاً بهترین مثال شناخته شده، سطح جسمی است که به تازگی واکنش زده شده است. در این حالت به راحتی می‌توان اثر آب‌گریزی را مشاهده کرد. به دلیل کشش سطحی افزایش یافته، آب دفع شده و به شکل دانه‌هایی جریان می‌یابد. در این حالت به دلیل اینکه سطح واکنش زده شده است، آب نمی‌تواند به سطح بچسبد، در واقع به دلیل همین رفتار آب است که به این ویژگی آب‌گریزی گفته می‌شود. Hydro آب است و Phobia به معنای ترس می‌باشد. در واقع اصطلاح Hydro Phobia ترس آب را از چیزی به نام سطح توصیف می‌کند. در این حالت آب به شکل قطرات و دانه‌هایی متراکم و به دلیل این رفتار سعی می‌کند که از سطح فرار کند. عمل تمیزکنندگی این پوشش‌ها به این علت است که نه تنها آب، بلکه لکه چربی‌ها و آلودگی‌ها نیز قادر به چسبیدن به سطح نیستند و همین باعث می‌شود که اگر بر روی سطح آب ریخته شود یا بعدها باران ببارد، سطح شسته می‌شود و نیز به دلیل کشش سطحی بالاتر، نیاز است قطرات آب قبل از چکیدن وزن بالاتری بدست آورند. قطرات کوچکتر به اندازه کافی سنگین نبوده و حتی بر روی سطوح لعاب‌کاری شده ممکن است خشک شده و بر روی شیشه به صورت لک و خال، اثرات آن‌ها باقی بماند. هر آلودگی چسبنده از سطوح Hidro phobia خیلی آسان‌تر از یک شیشه معمولی می‌توانند خارج شوند (شالی امینی و همکاران، ۱۳۹۳).

### عملکرد خود تمیزشوندگی: اثر لوتوس (Lotus-Effect)

اثر برای اولین بار در سطح برگ نیلوفرآبی (لوتوس) دیده شده است. سطح این برگ پس از بارش باران بر روی آن تمیز و درخشنده می‌شود و این مساله امروزه الگویی برای ساخت مصنوعی آن بصورت پوشش‌های خود تمیزشونده شده است. این سطوح در زیر میکروسکوپ ناصاف و زبر هستند و همین امر باعث می‌شود تا کثیفی‌ها آسان‌تر از روی آن بلند شود، اثر لوتوس به کمک فناوری نانو به صورت مصنوعی نیز ساخته شده است (محمودی و همکاران، ۱۳۸۷).

اثر لوتوس برای سطوحی مناسب است که در برابر آب قرار می‌گیرند. این سطوح دارای خاصیت دافعه آب یا آب‌گریزی هستند. آب بر روی آن‌ها به صورت قطرات کروی شکلی در می‌آید که از روی سطوح می‌غزد و کثیفی‌ها را با خود می‌شوید. البته اثر لوتوس در سطوحی که در برابر ضربات مکانیکی قرار دارند که باعث از بین رفتن زبری سطوح می‌شود، کاهش می‌یابد (خالق صفت و همکاران، ۱۳۹۲).

### خود تمیزشوندگی Photocatalysis

# اولین همایش بین المللی سومین همایش ملی معماری، مرمت شهرسازی و محیط زیست پایدار

## The first international and the third national Conference of Architecture Restoration, Urbanism and Stable Environment

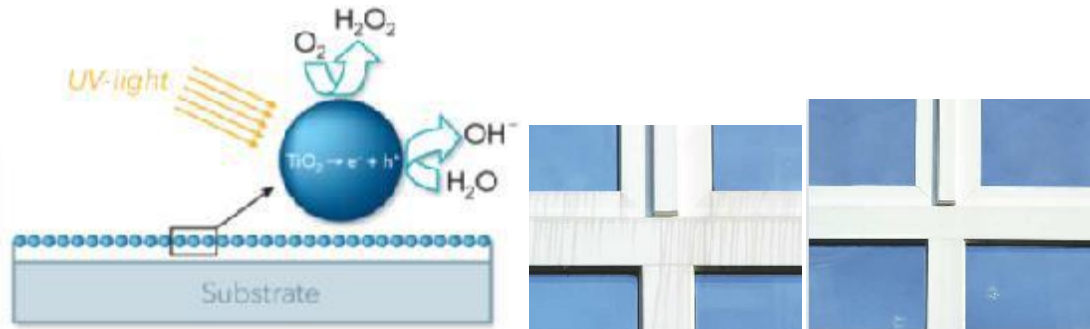
۲۸ آبان ۱۳۹۴



اثر خود تمیزشوندگی فتوکاتالیستی امروزه تقریباً یکی از بیشترین کاربردهای مربوط به عملکردهای نانو در صنعت ساختمان است. تعداد زیادی ساختمان در سراسر دنیا وجود دارد که از این عملکرد استفاده می‌کند. اثر اولیه آن جلوگیری از چسبیدن کثیفی‌ها به سطوح است، البته مهم است که بدانیم واژه "خود تمیزشوندگی" در این رابطه گمراه کننده است و به این معنی که معمولاً فرض می‌شود یک سطح ابداً احتیاج به تمیز کردن ندارد نیست. در واقع فاصله زمانی بین عمل تمیز کردن بسیار زیاد می‌شود و کثیفی‌ها راحت‌تر برطرف می‌شود (همیدا، ۲۰۱۰).

سطوح آبدوست در هنگام نفوذ رطوبت، یک فیلم آب یکنواخت بوجود می‌آورند و از تشکیل قطره و در نتیجه تشکیل بخار بر روی جداره پنجره‌ها یا آینه‌ها می‌تواند جلوگیری شود. به لحاظ فنی ساخت سطوح ابر آبدوست، با استفاده از پوشش‌های فتوکاتالیستی تیتانیوم دی اکسید تحقق می‌یابد، که در اثر فعالیت فتوکاتالیستی، جلبک‌ها، خزه‌ها، میکروب‌ها و جرم‌های چسبیده به سطوح، از بین می‌روند (هسن، ۲۰۰۷). سطوح فتوکاتالیست در واقع برای عملکرد خود به اشعه ماوراء بنفش و آب احتیاج دارند. بنابراین پیش‌آمدگی لکه بام یا پنجره‌ها باید طوری طراحی شود تا از رسیدن آب باران و شبنم به نما جلوگیری نکند. به شیشه فتوکاتالیک همچنین می‌توان عملکردهای دیگری مثل پوشش‌های محافظ خورشیدی نیز اضافه شود. به همین ترتیب بتن هم می‌تواند به سطوح خود تمیز شونده مجهز شود (ارجمند نیا، ۱۳۷۹).

پوشش‌های فتوکاتالیست می‌توانند عملکردهای متفاوتی را ارائه دهند، یعنی این پوشش‌ها می‌توانند خواص آنتی‌باکتریال، خود تمیزشوندگی و تصفیه‌کنندگی هوا را به طور همزمان داشته باشند. این نوع پوشش فتوکاتالیستی را حتی می‌توان بر روی سطوح اسپری کرد. این نوع پوشش برای تمامی سطوح نما-مثل شیشه‌ها، رنگ‌های نما و مصالح بنایی همچون بتن و ... که در معرض اشعه UV و آب کافی قرار می‌گیرند مناسب است (عباسعلی‌زاده، ۱۳۸۵).



### راحت تمیزشونده (ETC)

پوشش‌های هیدروفوبیک، از خود خواص آب‌گریزی نشان می‌دهند، به طوری که آب بر روی این سطوح به صورت قطره در می‌آید و همراه با خود ذرات گرد و خاک (کثیف) چسبیده را از روی سطوح می‌شوید. سطوح آب‌گریز در بخش ساختمان از اهمیت زیادی برخوردار هستند، چرا که با عملکرد خود در سطوح نما خواص ضد لک، ضد کثیفی، ضد رسوب، ضد گرافیتی و ضد خوردگی بدست می‌دهند. در حال حاضر انواع مختلف محصولات ویژه آب‌گریز کردن سطوح نما در بازار موجود است، که اغلب گونه‌های کاربردی آن ترکیبات حاوی سیلیکون یا فلور هستند و با برچسب Easy-to-clean عرضه می‌شوند (هسن، ۲۰۰۷).

# اولین همایش بین المللی سومین همایش ملی معماری، مرمت شهرسازی و محیط زیست پایدار

## The first international and the third national Conference of Architecture Restoration, Urbanism and Stable Environment

۲۸ آبان ۱۳۹۴



سطوح با نام Easy-to-clean دافع آب هستند و قاعدتاً با عملکردهای دیگر از جمله اثر لوتوس اشتباه گرفته می‌شوند، به هر حال، برخلاف موارد قبلی سطوح Easy-to-clean صاف هستند، نه زبر و خشن. این سطوح به علت کاهش انرژی سطحی که منجر به کاهش چسبندگی سطحی می‌شود، نیروی جاذبه سطحی پایین‌تری دارند. این خاصیت باعث تشکیل فرم قطره‌ای آب و دفع و شسته شدن آن از روی سطح شود. بنابراین سطوح Easy-to-clean آب‌گریز و بعضی اوقات چربی‌گریز هستند. این عملکرد برای تأسیسات بهداشتی سرامیکی و جداره شیشه‌ای اتاقک داخل حمام مناسب است. چوب، فلز، مصالح بنایی، بتن، چرم و پارچه هم به همین ترتیب گزینه‌هایی برای سطوح آب‌گریز هستند. سطوح راحت تمیزشونده، کمتر مستعد جمع شدن کثیفی هستند. مزیت این سطوح تمیز کردن آسان و بدون دغدغه است که موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌شود (همیدا، ۲۰۱۰).

### شیشه‌های خود تمیز شونده

این نوع نانو پوشش‌ها، با ضخامت چند نانومتر در سطح شیشه یک فیلم آب تشکیل می‌دهند، سطح هیدروفیل آن‌ها از تأثیر نور خورشید یک فوتوکاتالیست تشکیل داده و آب جمع شده در سطح، در مقابل نیروی جاذبه زمین میزان آب و هوا را بر روی خود افزایش داده و بدین ترتیب آب جمع شده در سطح تماماً پخش شده و بخودی خود امکان تمیز شدن را بوجود می‌آورد (امین‌زاده، ۱۳۸۲). نانو پوشش‌های استفاده شده بر روی شیشه پس از شش هفته خاصیت خود تمیزشوندگی را از خود نشان می‌دهند. بنا به گفته متخصصین نانو ذرات  $\text{TiO}_2$  موجود در این نانو پوشش‌ها دارای دو خاصیت است، یکی از آن‌ها فوق‌العاده هیدروفیل بودن آن است، دیگر آن که دارای خاصیت ضد عفونی‌کنندگی است، زیرا  $\text{TiO}_2$  قادر به شکستن و تجزیه آلاینده‌های آلی است. این تأثیر پس از گذشت چند هفته در شیشه ایجاد می‌شود، زیرا تیتانیوم دی‌اکساید باید در داخل ماتریس شیشه جایگزین شده و شیشه‌ها را از کثیفی‌های موجود رها کرده و سپس کثیفی‌های محیط را به صورت کاتالیتیک تجزیه نموده و از بین ببرد. خاصیت پخش شوندگی مساوی آب در سطح باعث می‌شود بدون اینکه لکه‌ای باقی بماند سطح از کثیفی‌ها عاری شود.

### شیشه‌های خود تمیزشونده و آسان تمیزشونده

از منظر معماری، هدف اصلی از تمیز کردن، زدودن گرد و خاک، آلودگی و دیگر چیزهایی است که به طور طبیعی به شیشه پنجره‌ها و دیگر سطوح فضا می‌چسبند. از این رو برخی شرکت‌های بزرگ تولیدکننده شیشه مانند پیلکینگتون و سن گوبان، اقدام به تولید شیشه‌های خود تمیز شونده کرده‌اند (عباسعلی‌زاده، ۱۳۸۵). کیفیت خود تمیزشوندگی در این شیشه‌ها، به کمک استفاده از پوشش‌های به ضخامت چند نانومتر (در حدود ۱۵ نانومتر) میسر می‌شود که شفاف بوده و اثر فوتوکاتالیز و آب‌دوستی را همزمان دارند. نانو ماده‌ی اصلی پوشش‌های شیشه، دی‌اکسید تیتانیوم ( $\text{TiO}_2$ ) است که در اثر تابش پرتوهای فرابنفش (UV)، سبب انجام واکنش‌های شیمیایی و اکسید شدن و تجزیه‌ی آلاینده‌ها می‌شود. تایتانیا (دی‌اکسید تیتانیوم) ماده‌ی سفید رنگ است و ضخامت ۱۵ نانومتر برای آن، به دلیل است که شفاف بودن شیشه حفظ شود. به هنگام بارش باران بر روی این شیشه‌ها، به علت خاصیت آب‌دوستی که در نتیجه‌ی وجود نانو پوشش بر روی شیشه پدید آمده، قطرات آب یکدیگر را جذب کرده و به جای تشکیل دادن قطرات منفرد و بزرگ آب، یک ورقه نازک از آب تشکیل می‌دهند که بر روی سطح شیشه جاری می‌شود. نیرویی که



# اولین همایش بین المللی سومین همایش ملی معماری، مرمت شهرسازی و محیط زیست پایدار

## The first international and the third national Conference of Architecture Restoration, Urbanism and Stable Environment

۲۸ آبان ۱۳۹۴



این جریان آب، به ذرات آلاینده و مواد حاصل از تجزیه شدن آن‌ها وارد می‌کند، بیش از نیروی الکترواستاتیکی بین ذرات و شیشه است. بنابراین جریان یافتن ورقه نازک آب، هر آنچه بر روی سطح شیشه برجای مانده را شسته و با خود می‌برد.



فرآیند جذب و تجزیه جرم‌ها و آلودگی‌ها از سطح شیشه

### مزایا و ویژگی‌های شیشه‌های خود تمیز شونده

- ۱- پس زدن آب و روغن از روی سطوح.
- ۲- عدم چسبیدن آلودگی‌ها بر روی سطوح.
- ۳- پاک شدن گل و لای به وسیله آب باران.
- ۴- عدم رسوب گرفتن سطوح.
- ۵- ممانعت از خوردگی شیشه.
- ۶- افزایش استحکام و مقاومت شیشه در برابر خش افتادگی.
- ۷- جلوگیری از تشکیل اثر انگشت روی شیشه.
- ۸- روشن‌تر و شفاف‌تر شدن شیشه تا ۲۰٪.
- ۹- افزایش دید از طریق شیشه در شرایط بد آب و هوایی.
- ۱۰- تمیز باقی ماندن شیشه تا مدت زمان طولانی (عباسعلی‌زاده، ۱۳۸۵).

### بحث و نتیجه‌گیری

تصویر محیط زندگی انسان در بستری طبیعی که فضای سبز محدود امروز جای آن را به صورت صوری در شهرها گرفته است، نیاز عمیق بشر به طبیعت است و شاید شکل نهایت ساده شده اندیشه‌ای باشد که در آن انسان جزء طبیعت بوده و وابسته به آن است. بدون هماهنگی انسان با طبیعت زندگی امکان‌پذیر نیست و

# اولین همایش بین المللی سومین همایش ملی معماری، مرمت شهرسازی و محیط زیست پایدار

## The first international and the third national Conference of Architecture Restoration, Urbanism and Stable Environment

۲۸ آبان ۱۳۹۴



باید خود را ملزم به رعایت اصولی کند که مکانیسم ساز و کار طبیعت را از بین نبرد. زندگی بشر، امروزه همواره با دغدغه‌های اجتماعی سیاسی همراه بوده و دیگر کمتر به مسائل زیست محیطی پرداخته می‌شود. ولی خوشبختانه در سال‌های اخیر توجه بشر به طبیعت بیشتر شده و بشر خود را جزئی از طبیعت می‌داند. احداث ساختمان در ژرفای از طبیعت نشانگر این مسأله است. حال بشر این ساختمان‌ها را با مصالحی می‌ساخت که همواره مشکلات متعددی را دارا بود ولی با تولید فناوری نانو تکنولوژی که در ادامه بحث خواهد شد، مصالح قابلیت‌های قدیمی گذشته را حفظ کرده و بر ویژگی‌های آنان افزوده شد همچون بهینه‌سازی مصالح و محصولات موجود - پیشگیری از آسیب - کاهش مراحل تولید - استفاده پربازده از مصالح و در نهایت اقتصادی پویاتر. با استفاده از فناوری نانو تکنولوژی مشکلات گذشته بر طرف شده و بر قابلیت‌های مصالح افزوده می‌شود بدیهی است که این فناوری جدید در دهه‌های آینده پیشرفت‌های شگرفی خواهد داشت. اگر از عرصه‌های کاربرد نانو فناوری جدولی تهیه شود، در میان جنبه‌های گوناگون دانش و فناوری (پزشکی، شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و غیره)، صنعت ساخت و ساز از نظر کاربرد نانو فناوری، در میانه جدول قرار خواهد گرفت. با این وجود، تولید بسیاری از مصالح نوین، توانمند و پربازدهی که بر کیفیت ساختمان‌ها و زیر ساخت‌های ساخت دست بشر تأثیرات مثبتی بر جای گذاشته و می‌گذارند، به کمک نانو فناوری و مصالح نانو بنیان میسر شده است.

### منابع

۱. ارجمندنیاء، اصغر، (۱۳۷۹)؛ بوم شهر تبلور پایداری شهری، فصلنامه مدیریت شهری، تهران، ۴.
۲. امین زاده، بهناز، (۱۳۸۲)؛ تأثیر زیست‌شناسی و اکولوژی در معماری، فصلنامه معماری و فرهنگ، ۱۳: ۲۲-۱۸.
۳. حسینی، سیدباقر، (۱۳۸۷)؛ آموزش معماری پایدار در ایران. مجله فن آوری و آموزش، تهران، ۲۲۱-۲۱۳.
۴. خالق صفت، حمید، حقی، شیما، شیشوانی، اتابک، (۱۳۹۲)؛ تأثیر تکنولوژی نانو در معماری پایدار و محیط زیست، دومین همایش ملی حفاظت و برنامه ریزی محیط زیست.
۵. زندیه، مهدی و سمیرا پروردی نژاد، (۱۳۸۹)؛ توسعه پایدار و مفاهیم آن در معماری مسکونی ایران، فصلنامه مسکن و محیط روستا، ۱۳۰: ۱۲-۲.
۶. سلیمانی، میثم، (۱۳۸۷)؛ زمین و معماری پایدار، فصلنامه معماری و فرهنگ، تهران، ۳۳: ۳۶-۳۳.
۷. شالی امینی، وحید، حسینی کریم آبادی، فاطمه، زبردستان، نجمه، (۱۳۹۳)؛ نقش تکنولوژی نانو در معماری پایدار، دومین همایش بین‌المللی ساختمان، معماری و توسعه شهری، تبریز، ایران.
۸. عابدی، محمد حسین، وزیری تبار، شیرین، (۱۳۹۳)؛ تأثیر نانو تکنولوژی در بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان در جهت رسیدن به معماری پایدار، دومین همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری.
۹. عباسعلی پور، سمیرا، (۱۳۸۵)؛ نانوخانه‌ها خانه‌های آینده، نشریه هنرهای زیبا، ۳۰: ۹۰-۸۳.
۱۰. فرهودی، مروه، (۱۳۸۶)؛ بررسی مفهوم مبتنی بر تفکر پایداری، فصلنامه معماری و ساختمان، تهران، ۴۷-۳۸.

# اولین همایش بین المللی سومین همایش ملی معماری، مرمت شهرسازی و محیط زیست پایدار

## The first international and the third national Conference of Architecture Restoration, Urbanism and Stable Environment

۲۸ آبان ۱۳۹۴



۱۱. محمودی، مهناز، بهبودی، محمد هادی، صدیق ضیابری، سیده حدیثه، (۱۳۸۷)؛ بررسی نقش فناوری نانو در کاهش آلودگی‌های زیست محیطی صنعت ساختمان، نشریه علوم و محیط زیست، ۳.
۱۲. Fahd AbdElaziz Ahmed Omar Hemeida, (۲۰۱۰); Green Nanoarchitecture, for the degree of Master of Science in Architecture, Univeresity of Alexandria.
۱۳. Hessen Agentur, (۲۰۰۷); Einsatz von Nanotechnologien in Architektur and Bauwesen, published by HA, [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de).