

بررسی تاثیر مصالح هوشمند (تکنولوژی نانو) در دستیابی به معماری پایدار

سیما حاجی حسن^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۳۱

کد مقاله: ۷۲۵۴۹

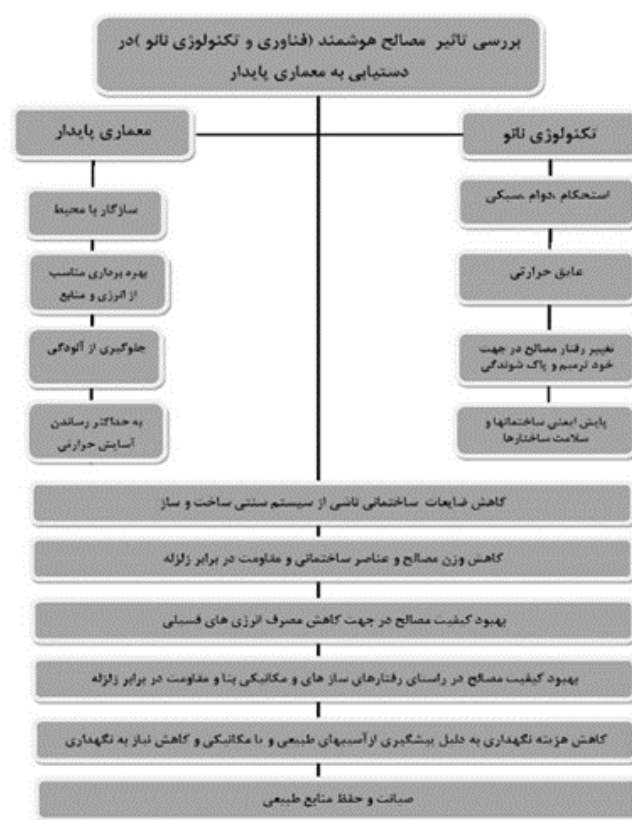
چکیده

معماری پایدار روشی است در طراحی که در جهت حفظ محیط زیست می کوشد و نتیجه آن تقلیل مصرف منابع تجدیدناپذیر و بهینه سازی مصرف انرژی است. مخاطرات محیط زیستی ضرورت توجه به این مقوله را اجتناب ناپذیر می کند. در این راستا استفاده از تکنولوژی‌ها روز دنیا می تواند به بهبود عملکرد، افزایش طول عمر ساختمان و جلوگیری از هدف رفتن انرژی منجر شود. امروزه در بین فناوری‌های نوین ساختمان علمی نوین و بسیار کارآمد با عنوان نانو تکنولوژی مطرح می باشد. فناوری نانو به دلیل توانایی دگرگون کردن ویژگی های بنیادین مواد و حل مشکلات ساختاری، زمینه ساز ایجاد مصالحی جدید با ویژگی‌های نوین شده که افزون بر کارایی، از دوام بیشتری نیز برخوردارند. با توجه به اینکه امروزه پیشرفت نانو روشهای جدید ساخت اشیا را با هزینه کمتر و دوام بهتر مهیا می کند، لذا گامی موثر در راستای پیشبرد اهداف معماری پایدار به حساب می آید. هدف کلی این پژوهش را میتوان بررسی نقش تکنولوژی نانو در معماری پایدار و تاثیر آن در به حداقل رساندن اثرات محیط زیستی ناشی از ساخت و سازها، به منظور افزایش بهره وری و اعتدال در استفاده از مواد و انرژی که تاثیر بسیار بالایی در آینده کره زمین خواهد داشت بیان کرد.

واژگان کلیدی: تکنولوژی نانو، مصالح نانو، معماری پایدار، پایداری محیط زیستی، انرژی

۱- مقدمه

نانو تکنولوژی نامی است که به یک نوع فناوری اطلاق می‌شود. همان طور که از نامش پیداست زمانی محقق می‌شود که توانایی ساختن اشیاء از اتم‌ها وجود داشته باشد و در این صورت توانایی آرایش دوباره مواد با دقت اتمی را به وجود می‌آورد (اخوان و دیگران، ۱۳۸۴). به فعلیت رساندن محیط ساخته شده پایدار از طریق کاربردهای گسترده با پیشرفت‌های فناوری نانو، معماری این استعداد را خواهد داشت که در سطوح بهینه‌تر عمل کند و شیوه زندگی ساکنان را متحول کند. بنابراین، ناآگاهی در مورد پتانسیل‌های گسترده نانو تکنولوژی در رابطه با محیط ساخته شده تنها می‌تواند زمینه ساز عقب ماندن ناگهانی پیشرفت‌های فناوری باشد. ساختمان‌های سبز با در نظر گرفتن محیط زیست، کاهش اثرات آلودگی، تضمین حفاظت از منابع طبیعی و همچنین از تخریب محیط زیست جلوگیری می‌کند. ساختمان‌هایی که با چنین ساختمانی سازگاری ندارند زودتر منسوخ می‌شوند یا ممکن است به نوسازی قابل توجهی نیاز داشته باشند و در نهایت تخریب می‌شوند. تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۵۰، حدود ۶۶ درصد از کل جمعیت جهان در مناطق شهری ساکن خواهند شد که باعث ایجاد چالش‌های گسترده‌ای در زمینه آلودگی هوا، مدیریت زباله، ازدحام و رفاه انسان می‌شود (اخوان و دیگران، ۱۳۸۴). آلودگی محیط زیست، جنگل زدایی، فرسایش خاک، تخریب لایه لایه ازن، کاهش سوخت‌های فسیلی و خطرات سلامتی انسان از پیامدهای مهم طراحی، ساخت و بهره برداری ساختمان‌ها هستند که اثرات آن بر محیط زیست را نادیده می‌گیرند.



نمودار ۱- مدل مفهومی (منبع نگارنده)

کاربرد فناوری نانو در معماری، گستره وسیعی از مصالح و تجهیزات را در بر خواهد گرفت که هدف از آن، عینیت بخشیدن و عملی کردن نظریه هاست (مامندی و خرمی، ۱۳۹۶). عرصه‌هایی که فناوری نانو می‌تواند سبب بهبود شرایط ساخت و ساز شود را می‌توان چنین نام برد: بهینه سازی مصالح، پیشگیری از آسیب، کاهش وزن و حجم مصالح و عناصر ساختمانی، کاهش مراحل تولید، استفاده مفید و پر بازده از مصالح، کاهش نیاز به نگهداری و کم شدن هزینه نگهداری. نتیجه این بهبود شرایط عبارت خواهد بود از: کاهش مصرف مواد اولیه و انرژی و همچنین کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن، حفظ منابع طبیعی، اقتصادی پویاتر و در نتیجه آسایش بیشتر. از فناوری نانو به عنوان رسانس فن آوری و روان کننده جریان سرمایه گذاری یاد می‌شود. (بشردوست، ۱۳۹۴). هدف کلی این پژوهش را میتوان اینگونه بررسی کرد که فناوری نانو چگونه مسیر را برای رسیدن به معماری پایدار هموار میکند؟ نقش تکنولوژی نانو را میتوان در معماری پایدار و تاثیر آن در به حداقل رساندن اثرات محیط زیستی

ناشی از ساخت و سازها، به منظور افزایش بهره وری و اعتدال در استفاده از مواد و انرژی که تاثیر بسیار بالایی در آینده کره زمین خواهد داشت بیان کرد.

۲- پیشینه تحقیق

نخستین مطالعات در زمینه کاربردهای نانو فناوری در صنعت ساختمان به دهه ۱۹۹۰ میلادی باز می گردد. از آن زمان تاکنون فناوری نانو گسترش روز افزونی در معماری و مهندسی ساختمان داشته است، اما به دلایلی نتوانسته به طور کامل به اهداف بلندی که پیش بینی می شد، دست یابد. با این وجود، تولید بسیاری از مصالح نوین، توانمند و پر بازدهی که بر کیفیت ساختمان ها و زیر ساخت های ساخت دست بشر تاثیرات مثبتی بر جای گذاشته و می گذارند، به کمک نانو فناوری و مصالح نانو بنیان میسر شده است (صفرزاده ۱۳۹۱).

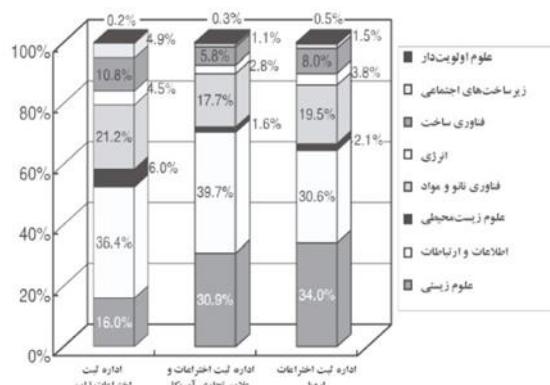
جدول ۱- پیشینه تحقیق (منبع نگارنده)

ردیف	عنوان مقاله	سال	محل انتشار	نویسنده	یافته ها
۱	معماری سیستم ها: مدلی جدید برای پایداری و محیط ساخته شده با استفاده از فناوری نانو، بیوتکنولوژی، فناوری اطلاعات و علوم شناختی با فناوری زندگی	۲۰۱۰	Artificial Life	Rachel Armstrong	معماری سیستم ها دیدگاه های جدیدی را در مورد سازماندهی محیط ساخته شده ارائه می دهد که معماران را قادر می سازد با همگرا نانوتکنولوژی، بیوتکنولوژی، فناوری اطلاعات و علوم شناختی و با فناوری زنده کار کنند تا امکان نسل جدیدی از مواد هوشمند را که از این رویکرد دلالت می کند، بررسی کنند.
۲	مطالعه موردی و بررسی نانوتکنولوژی و نانو مواد در معماری سبز	۲۰۱۳	Research Journal of Environmental and Earth Sciences	بابک داریوش، امیرپژمان درویش	با تمرکز بر نانومواد نشان می دهد چه تأثیرات عمیقی بر کاربردهای عملی فناوری در دستیابی به معماری سبز را خواهد داشت.
۳	نوآوری نانوتکنولوژی برای پایداری ساختمان های آینده	۲۰۱۴	International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering	Ayşin Sev, Meltem Ezel	نانوتکنولوژی میتواند نیروهای محرک برای پایداری و برای دستیابی به عملکرد بالا و ساختمان های سالم برای آینده ای پایدار در صنعت ساختمان سازی باشد.
۴	نانوتکنولوژی گامی به سوی معماری پایدار	۲۰۱۸	Journal of Engineering and Applied Sciences	داوود رضایی	با تولید و استفاده از متریکال های نانو میتوان علاوه بر دستیابی معماری پایدار، گامی در جهت حفظ محیط زیست و انرژی برداشت.
۵	نانوتکنولوژی در محیط ساخته شده برای توسعه پایدار	۲۰۲۰	Materials Science&engineering	JA Elegbede A Lateef	نانو تکنولوژی را به عنوان رشته ای نوظهور بیان میکند با ویژگی های استثنایی، که مواد جدید را می توان تولید کرد برای ساخت و ساز پایدار که می تواند گاف بین محیط زیست با معماری و ساختمان را پر کند.

گونه های جدید مواد و مصالحی که با تمرکز بر تکنولوژی نانو ساخته میشوند، گامی موثر در جهت دستیابی به معماری پایدار و در راستای آن حفظ انرژی و محیط زیست را در بر خواهند داشت.

۳- روش تحقیق

این مقاله با تکیه بر تکنولوژی نانو در جهت تحقق معماری پایدار به بررسی تاثیرات این فناوری نودر جهت دستیابی به این مهم می پردازد. برای تحقق این هدف، به بیان داده ها به روش توصیفی - تحلیلی و تطبیقی- کاربردی و از طریق مطالعات کتابخانه ای اقدام نموده ایم. به همین منظور در ابتدا مفاهیم اصلی مرتبط با موضوع تعریف و بررسی شده اند و سپس ضمن ذکر اهمیت و جایگاه نقش نانو در صنعت ساختمان را مورد بررسی قرار می دهیم. امید است که با این تلاش بتوانیم نقشی در شناخت و به کارگیری مصالح نانو در ساخت فضاهای مدرن داشته و گامی ارزشمند در راستای صرفه جویی در انرژی و حفظ محیط زیست برداشته باشیم.



شکل ۱- درصد کاربرد پتنت ها به تفکیک ۸ حوزه اصلی در اداره ثبت پتنت ژاپن، آمریکا و اروپا منبع: راهبرد توسعه نانو فناوری در کشور

۴- مبانی نظری

۴-۱- نانو و ماهیت آن

نانو علمی است که در آن به مطالعه خواص نانو مواد، تولید و استفاده از آنها در بهبود بخشیدن خواص و ویژگی های مواد استفاده می شود. چرا که بسیاری از خواص ماده در ابعاد نانومتری، متفاوت از خواص در ابعاد ماکروسکوپی می باشد. فناوری نانو یک زمینه بین رشته ای است که در محدوده علوم کاربردی مختلفی نظیر فیزیک، مواد، الکترونیک و غیره وارد شده است. فناوری نانو، خود به تنهایی یک علم نیست؛ بلکه با استفاده از آن می توان به کاربردی کردن علوم مختلف کمک کرد. فناوری نانو به سه صورت تعریف می شود:

- ۱- فناوری نانو تحقیقات و مطالعه ی مواد و خصوصیات آنها در محدوده ۱-۱۰۰ نانومتر را در بر می گیرد.
- ۲- با کمک فناوری نانو ساختارهای نانویی را می توان خلق کرد که خصوصیات آنها با ساختارهای ماکروسکوپی همان مواد متفاوت است.

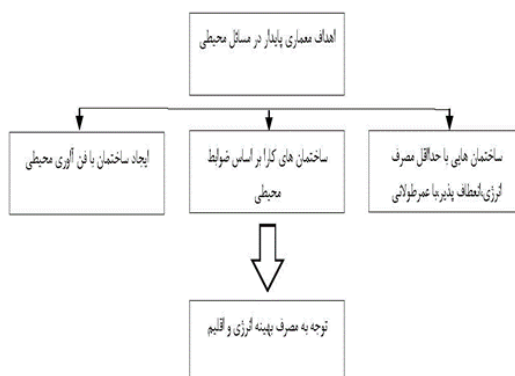
۳- با کمک فناوری نانو نمی توان از طریق کنترل خصوصیات، در اتمها تغییراتی ایجاد کرد (سعادت و دیگران، ۱۳۹۸).

زمانی که مواد در مقیاس نانو مطالعه و بررسی می شوند، واکنشها و رفتار اتمها در مقایسه با حالتی که مطالعه در سطح مولکولی انجام می شوند کاملاً متفاوت است؛ چرا که در این قلمرو خصوصیات فیزیکی مواد تغییر می کند! امروزه فناوری نانو، در ساخت پلیمرهایی با ساختار مولکولی و طراحی تراشه های کامپیوتری کاربرد دارد. همچنین از این فناوری در ساخت مواد آرایشی، انواع پوشش ها و روکش های محافظتی و لباسهای مقاوم و همچنین در صنایع مختلف از جمله صنعت ساختمان، جهت تولید مصالح با ویژگی ها و خصوصیات بهتر در راستای رسیدن به نتایج بهتری به لحاظ مقاومت، حفظ انرژی، عمر مصالح، بهداشت و بسیاری از موارد دیگر استفاده می شود. فناوری نانو در زمینه معماری پایدار، نقش پررنگی را بخصوص از طریق مواد و مصالح مصرفی ساختمان میتواند ایفا کند. این نقش بطور مثال در چگونگی پرداختن به این موارد که چطور میتوان به کمک فناوری نانو، مواد و مصالحی با استحکام بیشتر، سبکتر و ارزاتر نسبت به مواد فعلی در اختیار داشت؛ چگونگی مقاوم کردن بیشتر مواد و مصالح در برابر تغییرات جوی و بارانهای اسیدی و خوردگیهای ناشی از واکنشهای شیمیایی در حین اجرا و ساخت. عایقتر کردن مواد و مصالح در برابر گرما و سرما و صوت در جهت کاهش مصرف انرژی و اینکه فناوری نانو در این زمینه ها به چه دستاوردهایی رسیده و یا خواهد رسید، مورد بررسی قرار میگیرد. همچنین استفاده از مواد و مصالح هوشمند و حتی خودترمیم به کمک این فناوری. بررسی نانوتیوبها و نانواپرها و نقش آنها در جهت بهبود مسائل فوق و همچنین استفاده از حسگرهای زیستی برای درک محیط اطراف و دستاوردهای این فناوری روز دنیا در جهت

تولید انرژی و نور که در ساختمانها و فضاهای معماری بسیار دارای اهمیت میباشد، فناوری نانو در کنار دو تحول عظیم دیگر یعنی ژنتیک و فناوری اطلاعات، موج چهارم انقلاب صنعتی را رقم خواهند زد. فناوری نانو پدیده ایست عظیم که در تمامی گرایشهای علمی راه پیدا کرده، تا جایی که تا یک دهه آینده برتری فرآیندها به این تحول وابسته است (سعادت و دیگران، ۱۳۹۸). نانوتکنولوژی گامیست دیگر در راستای توسعه ابزارهایی قوی، جهت همگام ماندن با اکوسیستم، استفاده از انرژیهای پاک، ساختن کلان شهرها، ایجاد فضاهای مجازی سالنهای ضد جاذبه، عینیت بخشیدن به تله پورتیشن و تئوریهای مختلفی که ناتصورند. در این پدیده ما به سمت مصالح ساده ای خواهیم رفت که این بار در مقیاس نانو طراحی شده است تا ابزاری ساخته شود که کارهای سحرآمیزی انجام دهد. ساختمانهای آینده بی نیاز از انرژی در طبیعت کربنی، ساختمانهایی خواهند بود که از شبکه های انرژی خارجی استفاده نمیکند. خلق پوشش هایی به ضخامت یک اتم متشکل از ابرمتریالهای انرژی را که هم چون لباسی، ساختمان را در بر خواهند گرفت، معماران را قادر میسازد ساختمانهایی پیچیده با قوسهایی ظریف طراحی کنند که حمل کننده باتریهای خورشیدی هستند؛ از فناوری نانو به عنوان رنسانس فن آوری و روان کننده جریان سرمایه گذاری یاد می شود. ورود محصولات متکی بر این فناوری جهشی بس عظیم در رفاه و کیفیت زندگی و نحوه تولید محصولات و مصرف منابع طبیعی و توانایی های دفاعی و محیط زیستی به همراه خواهد داشت و موجب بروز جابجایی های بزرگ اقتصادی خواهد شد.

۴-۲- معماری پایدار

معماری پایدار یا معماری محیطی، طراحی و ساخت بر اساس ملاحظات محیطی، و با استفاده از مصالح بومی و محلی می باشد کاربرد مفاهیم پایداری و توسعه پایدار در معماری محیطی به نام معماری پایدار را به وجود می آورد. که مهمترین سرفصلهای آن را عناوین "معماری اکو - تک"، "معماری و انرژی" و "معماری سبز" تشکیل میدهد. معماری پایدار - که در واقع زیرمجموعه طراحی پایدار است - را شاید بتوان یکی از جریان های مهم معاصر به حساب آورد که واکنشی منطقی در برابر مسایل و مشکلات عصر صنعت به شمار می رود (بشردوست، ۱۳۹۴). ۵۰ درصد از ذخایر سوختی در ساختمانها مصرف می شود که این به نوبه خود منجر به بحران های محیط زیستی خواهد شد. در این میان توسعه به عنوان یکی از بزرگترین عوامل تغییر محیط زیست و به تبع آن ساخت و ساز که جزو صنایع بزرگ در استخدام نیروی انسانی (صدها هزار کارگران ساختمان و فنون مربوطه)، باعث از بین بردن زمینهای کشاورزی، فرسایش خاک و آلوده کننده محیط زیست و به مخاطره انداختن سلامتی و بهداشت مردم است و بر بحران انرژی دامن می زند. بحرانی که در اواسط دهه ۱۹۶۵ با افزایش میزان آلودگی محیط زیست هشداری به جهانیان محسوب شد، سبب تشکیل گروههای طرفدار محیط زیست که از حامیان محیط زیست در جهان بودند گردید و مفهوم گسترده ای تحت عنوان پایداری را پی گیری نمود. اصطلاح پایداری برای نخستین بار در سال ۱۹۸۶ توسط کمیته جهانی گسترش محیط زیست با عنوان رویارویی با نیازهای عصر حاضر بدون به مخاطره انداختن منابع نسل آینده برای مقابله با نیازهایشان مطرح شد و هرروز بر ابعاد و دامنه آن افزوده می شود تا استراتژیهای مناسبی پیش روی جهانیان قرار گیرد. در این جهان، معماران نیز همسو با سایر دست اندرکاران در پی یافتن راهکارهای جدیدی برای تأمین زندگی مطلوب انسان بوده اند. بدیهی است که زندگی، کار، تفریح و همه و همه فعالیت هایی می باشند که در فضاهای طراحی شده توسط معماران صورت پذیرفته و از آنجا که نقاط ضعف و قوت یک ساختمان بر زیست بوم جهان تاثیر مستقیم خواهد داشت، وظیفه ای حساس در این خصوص بر عهده معماران می باشد.



نمودار ۲- اهداف معماری پایدار (منبع نگارنده)

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 وبا کمترین

هزینه فراهم آورد (افشاری، ۱۳۹۰). تعریفی که در ایالات متحده آمریکا درباره یک ساختمان هوشمند عنوان می شود این چنین است: ساختمان هوشمند ساختمانی است که در بردارنده محیطی پویا و مقرون به صرفه بوسیله یکپارچه کردن چهارعنصر اصلی یعنی سیستمها، ساختار، سرویسها و مدیریت و رابطه میان آنها می باشد. معماری هوشمند پویا است؛ بدین معنا که پارامترهای عملکردی اصلی، خود را با توجه با نیاز، تقاضا و شرایط متغیر و پویا تغییر می دهند. لازم است به این نکته اشاره شود که بین مصالح هوشمند و سیستمهای هوشمند باید تفاوت قائل شد. ماده هوشمند اغلب جزیی کوچک اما حیاتی از یک سیستم هوشمند است. اغلب سیستمهای هوشمند تلفیقی از اجزا و مصالح هوشمند و عملکرد چند منظوره آنها است. یک معماری هوشمند همچنین مانند سامانه زنده ای قادر به تجربه اندوزی و استفاده از تجارب در شرایط جدید است و با این خصیصه پویایی و خود سازماندهی سامانه تضمین می گردد. ویژگیهای اصلی معماری هوشمند عبارتند از: پویایی و فعال بودن؛ انعطاف پذیری و سازگاری با محیط؛ واکنش پذیری و پاسخده بودن.

۳-۴- تعاریف ساخت و ساز پایدار

در سال ۱۹۹۴، شورای بین المللی ساختمان هدف از ساخت و ساز پایدار را ایجاد و بهره برداری از یک محیط سالم ساخته شده بر اساس بهره وری منابع و طراحی اکولوژیکی تعریف کرد. در نتیجه، مهم ترین جنبه های طراحی پایدار در معماری ارتباط تنگاتنگی با مصالح ساختمانی، نحوه استخراج آنها از طبیعت، دست کاری، ساخت، استفاده در ساختمان ها و تخریب آنها دارد. علاوه بر این، پتانسیل صرفه جویی در مصرف انرژی و همچنین کاهش مصرف منابع تجدید ناپذیر، زباله ها، سمیت و انتشار کربن از طریق کاربردهای معماری فن آوری های جدید و نوآورانه قابل توجه است. تغییر از کاربردهای سنتی به کارایی بالا و پیشرفته در ساختمان ها از طریق نوآوری در مصالح ساختاری و غیر سازه ای، عایق بندی، پوشش ها، چسب ها، تصفیه هوا، آب و همچنین فناوری های خورشیدی امکان پذیر خواهد بود. برجسته ترین این فن آوری های نوآورانه فناوری نانو و نانو مواد در معماری پایدار بوده که کاربردهای بازار آن قبلاً آغاز شده است.

ساخت و ساز پایدار شامل قوانین زیر میباشد:

- ۱- به حداکثر رساندن استفاده موثر از زمین و ساختمان به منظور کمک به یک محیط با کیفیت بالا
- ۲- توسعه محیط طبیعی
- ۳- حذف یا کاهش مصرف مواد سمی و یا آسیب رسان بر طبیعت در صنعت ساختمان سازی
- ۴- مشارکت مثبت جهت ایجاد یک محیط با کیفیت بالا.
- ۵- به حداکثر رساندن تامین انرژی پایدار و استفاده بهینه از انرژی
- ۶- به حداقل رساندن ضایعات و افزایش بازیافت در طول ساخت و ساز و زمان بهره برداری از پروژه
- ۷- به حداقل رساندن آلاینده تولید گازهای گلخانه ای به آب، هوا و خاک و به حداقل رساندن سر و صدا و آلودگی نوری
- ۸- به حداکثر رساندن استفاده از مواد از منابع محلی و پایدار

۴-۴- نانو تکنولوژی و پایداری محیط زیستی

پایداری محیط زیستی یعنی بهره گیری و بهره برداری از منابع طبیعی، به قسمی که نیاز کنونی جهان به انرژی برآورده شود و تأمین نیاز های نسل های بعدی به خطر نیفتد. "نه تنها استفاده موثر از منابع انرژی، بلکه بالابردن عمر دوره مفید مواد و مصالح ساختمانی، از معیارهای مهم در جهت حفظ پایداری محیط زیستی است. بهره برداری مناسب از منابع انرژی و در عین حال، حفظ و صیانت از این منابع، همواره مورد توجه بسیاری از مهندسان محیط زیست و ساختمان بوده است. هنوز هم بخش اعظم انرژی مورد نیاز دنیا، برپایه زغال سنگ و نفت استوار است (هاشمی و دیگران، ۱۳۹۴) دو منبع انرژی که بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه ای را سبب می شوند. البته چند دهه است که منابع جایگزینی همچون انرژی باد، انرژی خورشیدی، انرژی زیست توده، انرژی هسته ای، انرژی زمین گرمایی و انرژی امواج اقیانوسی مطرح شده اند اما تا به امروز نتوانسته اند به جانشینی تمام و کمال برای منابع سنتی تبدیل شده و سوخت های فسیلی را از چرخه تولید انرژی بیرون برانند. از این رو انتظار متخصصان از فناوری نانو برای گره گشایی بسیاری از مسایل محیط زیستی بالاست. بی تردید در این خصوص، فناوری نانو اگرچه در ابتدای راه است، اما در عرصه های مختلف سبب ساز تحولات مثبتی در پایداری محیط زیستی شده است. تأثیرات مثبتی نظیر احتراق بهتر موتورها، تولید سوخت های پاک، عملکرد پربازده تصفیه کننده ها و آلاینده زداها، کنترل آلودگی آب، عایق کاری مناسب ساختمانها و غیره، همه از آثار پیدایش فناوری نانو در راستای بهبود کیفیت زندگی انسانها و حفظ محیط زیست است. مهمترین تأثیری که فناوری نانو بر صنعت ساختمان گذاشته، افزایش جالب توجه نسبت سطح به حجم مواد و مصالح است. با افزایش نسبت سطح به حجم، بر واکنش پذیری مواد به شدت افزوده می شود. این پدیده منجر به بازدهی عالی در مصرف انرژی خواهد شد. از سوی دیگر، اغلب مصالح نانو

بنیان، چند عملکردی هستند و حجم کمی از این مواد را می توان جایگزین چندماده حجیم سنتی کرد، که این واقعیت به معنای مصرف کمتر مواد و به تبع آن استفاده کمتر از منابع طبیعی است. برای مثال، می توان نانوکامپوزیت ها را محکم تر، مقاوم تر و سبک تر از نمونه های مشابه سنتی و از همه مهم تر رسانا و ضد آتش ساخت. نانو پوشش های خود تمیز شونده یا آلایند زدا نیز، مثال دیگری از کمک های فناوری نانو در حرکت به سوی پایداری محیط زیستی هستند. (هاشمی و دیگران، ۱۳۹۴)

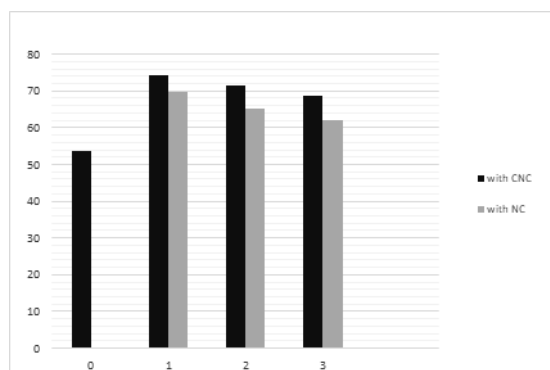
۴-۵- دستیابی به معماری پایدار با استفاده از مصالح نانو

استفاده از مصالح نانو می تواند سبب کاستن از هزینه های ساختمان سازی شود. امروزه از ترکیب فولادها و بتن های پر مقاومت در طراحی سازه ها به طور گسترده ای استفاده می شود. این مصالح می توانند سبب بهبود روش های طراحی و ساخت ساختمان ها شوند به عنوان مثال، در نگرش طراحی ساختمان های پایدار که باید سطح بالایی از استانداردهای محیط زیستی را با تأکید بر هزینه های دوره عمر مفید ارضا کنند، اغلب از چنین مصالح پربازدهی استفاده می شود، چرا که این مواد، ماهیتی متناسب تر با حفظ محیط زیست داشته و همچنین از قابلیت بازیافت برخوردارند (گلابچی، ۱۳۹۱). اگر بخواهیم در یک جمله، تأثیرات فناوری، بر مصالح و فرآورده های ساختمانی را خلاصه کنیم، می توان گفت: فناوری نانو، فناوری است که به ما اجازه می دهد و ما را قادر می سازد که ویژگی های مصالح را ارتقا داده یا حتی ویژگیهای جدیدی برای آن ها ایجاد کنیم.

۵- یافته ها

۵-۱- کاربرد نانو فناوری در سازه های فلزی و بتن و سیمان

استفاده از نانو ذرات در خواص بتن و سیمان سبب افزایش کارایی و استحکام آن می گردد و استفاده از روکش نانویی از ورود مواد به درون بتن جلوگیری می کند و باعث استحکام آن می گردد و استفاده از نانو سیلیس سبب مقاومت بیشتر ذرات شده و تراکم آن را افزایش داده و از نفوذ آب به درون آن جلوگیری می کند و استفاده از نانو اکسید تیتانیوم نیز سبب درخشندگی و سفیدی بتن می شود. نانو لوله های کربنی مثل پل عمل کرده و سبب به هم چسبیدن ترک ها می شوند. پیشرفت علم در حوزه نانو ذرات فلزی و دستاوردهای بزرگ در این زمینه باعث بهبود ویژگی های فلزات ساختمانی از جمله فولاد شده است (بیضاوی و دیگران، ۱۳۹۸).



نمودار ۳- مقایسه میزان مقاومت فشاری بتن در سیمان نانوکامپوزیت (NC) و سیمان دارای نانوذرات رس (CNC) برای درصد های وزنی متفاوت (HAKAMY, 2015)

۵-۲- بتن خود متراکم

بتن خود متراکم یکی دیگر از مواد ساختاری ابتکاری با ظهور فناوری نانو بوده که مهم ترین ویژگی آن این است که برای سطح بندی و تحکیم نیاز به لرزش ندارد. این امر انرژی مورد نیاز برای ساخت سازه های بتونی را به میزان قابل توجهی کاهش می دهد، بنابراین باعث پایداری این ماده می شود. علاوه بر این، بتن خود متراکم می تواند تا ۵۰٪ در هزینه های نیروی کار مزایایی را ارائه دهد، چرا که تا ۸۰٪ ریخته می شود که این موضوع یک مسئله پایداری است. از نانو ذرات برای نفوذ و بستن ترک های کوچک روی سطح بتن استفاده می شود و در کاربردهای تقویت کننده، ماتریس ها پیوند محکمی بین سطح بتن و تقویت کننده الیاف ایجاد می کنند. توانایی نمونه ها برای تحمل بار پس از ترک خوردگی توسط تاج های کربن بسیار بهبود می یابد و ماتریس و رابط تحت شرایط مرطوب کردن، خشک کردن و مقیاس گذاری (خراشیدن) دوام دارند. مرکز علمی فائو در ولفسبورگ آلمان، توسط زها حدید طراحی شده که بزرگ ترین ساختمان در اروپا بوده و از بتن خود متراکم ساخته شده است. دستیابی به فرم متنوع این ساختمان

بدون استفاده از این نوع جدید بتن بسیار دشوار بود. فائو با طراحی اتاق‌های نمایشگاه، آزمایشگاه و یک تئاتر علمی، بسیاری از قوانین معماری را نقض می‌کند و قطعاً به عنوان یک مرجع مهم برای طراحی‌های آینده باقی خواهد ماند (هاشمی و دیگران، ۱۳۹۴).



شکل ۲- مرکز علمی فائو در ولفسبورگ آلمان (www.etoood.com)

۵-۳- پوسته‌های نانویی حاوی میکرو توربین های بادی

این پوسته ها به شکل یک فرم ارگانیک اطراف ساختمان را پوشش می دهند و انرژی مورد نیاز ساختمان توسط آنها تامین می شود. کانسپت پیدایش آن، پوسته مشبک ارگانیکی است که از میکروتوربین های بادی تشکیل شده است و طراحی ساده ای دارد. این پوسته، ایده هوشمندانه و پیوند شگفت انگیز و جدیدی از علم و طراحی است که توسط آگوستین آنگیوس خلق شده است. انرژی خورشیدی می تواند در پوسته فتوولتاییک ارگانیک ذخیره شود و بعد انرژی را به فیبرهای نانویی تعبیه شده در درون نانو سیم ها، انتقال دهد و سپس انرژی به مخزن ذخیره ای که در انتهای هر پائل وجود دارد، فرستاده می شود. در ادامه، جداره های این توربین که ۲۵ میلیمتر طول و ۱ میلیمتر عرض برای آن در نظر گرفته شده، گاز CO2 را جذب می کنند (محمودی، ۱۳۹۱).

۵-۴- ورقه های باریک سلول های خورشیدی طبیعی برای تولید انرژی الکتریکی

ورقه های نازک و باریک و منعطف سلول های خورشیدی طبیعی می توانند روی رول های پلاستیکی تولید شوند که کاهش قیمت بسیار قابل ملاحظه ای نسبت به فناوری سنتی با استفاده از صفحه ها شیشه ای به ارمغان می آورند. همچنین سلول های خورشیدی پلاستیکی با انعطاف پذیری خود سازگاری بیش تری با نمای ساختمان دارند تا ورق های صلب و سخت شیشه ای که وزن بالایی دارند. برای جذب انرژی خورشیدی، تحقیقاتی در دست انجام هستند تا رنگ هایی به شکل لایه روکش دیوار تولید کنند. به زودی با توانایی های فناوری نانو، سرتاسر پوسته ساختمان، شامل نماها و بام، به عنوان جذب کننده انرژی خورشیدی برای فراهم کردن انرژی های مورد نیاز بنا عمل خواهد کرد (محمودی، ۱۳۹۱).

۵-۵- نانو شیشه های جمع کننده انرژی خورشیدی

در نانو شیشه های جمع کننده همه طیف امواج نورانی، امکان عبور از شیشه را داشته و به این ترتیب حداکثر بازدهی و بیش ترین مقدار تولید انرژی را برای جمع کننده ها ممکن می سازند. با افزایش کسب انرژی از طیف امواجی که در روش های دستی حذف می شود، بازدهی جمع کننده ها تا ۱۵ درصد افزایش می یابد. بر خلاف شیشه های قدیمی، زاویه برخورد نور با شیشه، تاثیر مثبتی بر انتقال آن از میان شیشه خواهد داشت و از این روست که این سیستم ها وابستگی کمتری به جهت و زاویه تابش خواهند داشت. و به این ترتیب در فصل های مختلف سال، ساعت های مختلف روز و مناطق گوناگون دنیا، از کارایی مشابهی برخوردار هستند. افزون بر این ها، نانو پوشش ها، عمر مفید بیش تری نسبت به نمونه های سنتی دارند و کمتر در معرض جذب آلودگی و کثیف شدن قرار می گیرند (محمودی، ۱۳۹۱). شرکت معماری استودیو تروپ به منظور مدیریت افزایش گرما، از لعاب پویا بر روی دیوار غربی مکعب مطالعه کتابخانه مورگان در دانشگاه ایالتی کلرادو استفاده کرد. این مکعب شیشه ای یکی از ساختمان های پیشگام در کاربرد شیشه الکتروکرومیک است.



شکل ۳- کتابخانه مورگان در دانشگاه ایالتی کلرادو (www.researchgate.net)

۵-۶- شیشه های خود تمیز شونده

این نوع نانو پوشش ها با ضخامت چند نانومتر در سطح شیشه یک فیلم آب دوست تشکیل می دهند، سطح هیدروفیل آن ها از تاثیر نور خورشید یک فوتوکاتالیست تشکیل داده و آب جمع شده در سطح، در مقابل نیروی جاذبه زمین میزان آب هوا را بر روی خود افزایش داده و بدین ترتیب آب جمع شده در سطح تماما پخش شده و بخودی خود امکان تمیز شدن را بوجود می آورد. نانو پوشش های استفاده شده بر روی شیشه پس از شش هفته خاصیت خود تمیز شوندگی را از خود نشان می دهند. بنا به گفته متخصصین، نانو ذرات موجود در این نانو پوشش ها دارای دو خاصیت است، یکی از آنها، فوق العاده هیدروفیل بودن آن است و دیگر آن که دارای خاصیت ضد عفونی کنندگی است، زیرا قادر به شکستن و تجزیه آلاینده های آلی است. مرکز نانو بیرک واقع در دانشگاه پرودو می باشد که امکان کار با تجهیزات ویژه را برای محققان فراهم کرده است موجب پیدایش ابتکار و برقراری ارتباط بین آنها شده است. در جداره های خارجی استفاده شده از شیشه خودتمیزشونده فوتوکاتالیتیک می باشد که علاوه بر خاصیت خودتمیز شوندگی، شیشه های به کاررفته در نمای این پروژه نقش مانع عبور شدید خورشید و عایق صوتی را نیز ایفا می کند. (محمودی، ۱۳۹۱).



شکل ۴- مرکز نانو بیرک دانشگاه پرودو (www.qudsdaily.ir)

۵-۷- شیشه های کنترل کننده انرژی

این نوع شیشه ها ضمن دارا بودن تنوع در رنگ و سایر خصوصیات، قادرند با کاهش شدید امواج ماوراء بنفش و مادون قرمز عبوری و تنظیم عبور نور مرئی، در زمستان تا ۸۵ درصد و در تابستان تا ۸۰ درصد از هدر رفتن انرژی داخل ساختمان جلوگیری کرده و در صرفه جوئی مصرف انرژی، نقش بسزایی دارند.

۵-۸- شیشه های محافظ در برابر آتش

شیشه های محافظ در برابر آتش نیز یکی دیگر از دستاوردهای فناوری نانو است. این محصول از طریق قراردادن یک لایه شفاف محتوای نانو ذرات سیلیس در میان دو صفحه شیشه ای ساخته می شود که در هنگام گرم شدن شیشه، این لایه شفاف تبدیل به محافظی سخت، تیره و مقاوم در برابر آتش می شود (محمودی، ۱۳۹۱).

۵-۹- عایق حرارتی نانو ژل

نانو ژل یک ماده جامد با تراکم بسیار پایین است که ترکیبات مایع در آن با گاز جایگزین گردیده است. محتوای نانو ژل شامل فقط ۵ درصد مواد جامد و ۹۵ درصد هوا است و به نظر می آید که سبک ترین ماده جامد در جهان است. این ماده با وجود وزن بسیار کم توان تحمل بیشتر از ۲۰۰۰ برابر وزن خودش را دارا است. به دلیل خلل و فرج موجود در نانو ژل ها، این مواد به رطوبت

حساس هستند، از این جهت اغلب آنها به شکل فشرده بین پانل های دیواری که از نفوذ رطوبت جلوگیری می کنند، به بازار عرضه می شوند. کاربردهای معماری نانو ژل ها شامل پنجره ها، پنجره های سقفی و پانل دیواری نیمه شفاف است. نانو ژل ها گازهای مختلفی را برای استفاده به عنوان آشکار ساز محصور می نمایند. آنها مانند جوهر مورد استفاده در یک نقاشی می باشند. پانل های نانو ژل ویژگی های شفافیت و عایق بودن را هم زمان فراهم می نمایند (مجیدی و دیگران، ۱۳۹۴).

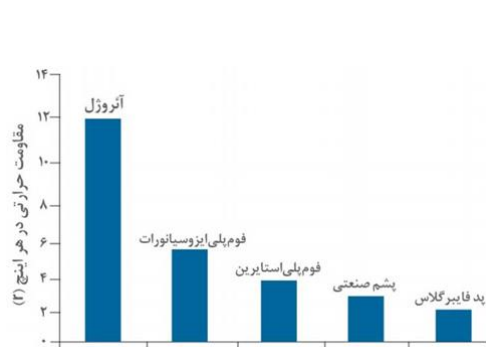
۵-۱۰- نانو لوله ها

نانو لوله کربنی در سال ۱۹۹۱ کشف شده است. نسل جدیدی از کربن است که از مواد نانو کربنی ساخته شده است. نانو لوله های کربنی دارای ساختاری هستند که آنها را از فولاد قوی تر و بسیار سبک می کند به طوری که می توانند خمیدگی و کشش را بدون شکستن تحمل نمایند و در آینده جایگزین الیاف کربن خواهند شد. که در کامپوزیت ها به کار برده می شوند. نانو لوله ها با توجه به تحقیقات انجام شده در مرکز تحقیقات بتن وابسته به موسسه ACI شاخه ایران، دارای مقاومت کششی بیش از هر نوع الیاف بتنی شناخته شده هستند. نانو لوله ها خواص ویژه قابل ملاحظه حرارتی و الکتریکی از خود نشان می دهند. به طوری که هادی بودن حرارت آنها بیش از دو برابر الماس و هادی بودن الکتریکی آنها در حدود ۱۰۰۰ برابر فلز مس است. برخی از ویژگی های نانو لوله ها:

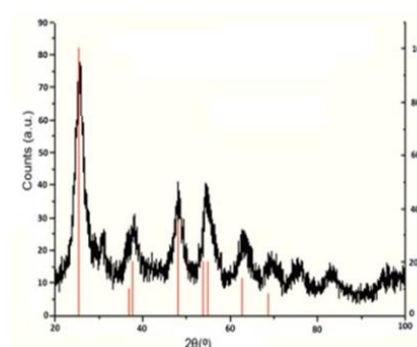
- خواص ویژه مکانیکی هدایت حرارتی و الکتریکی
- نسبت طول به قطر بسیار بالا
- اندازه کوچک فایبرها و قابلیت پخش شدن بالا در زمینه سیمان و بتن

۶- تجزیه و تحلیل نمونه های مورد بررسی

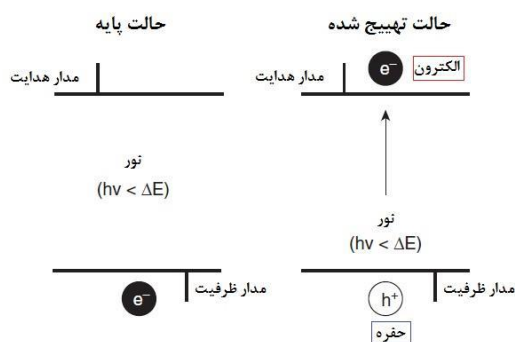
با توجه به تعاریف و مبانی نظری بررسی شده موضوع مصالح نانو و عرصه کاربرد و تاثیر کیفیت آنها در برخی ساختمان ها و پروژه های موفق در این زمینه مورد بازنگری و تحلیل قرار داده و نتایج حاصل در غالب جدول در ذیل آورده شده است.



نمودار ۵- مقاومت حرارتی یا توان عایق سازی آئروژل در مقایسه با عایق های سنتی - (منبع ساختمان آنلاین)



نمودار ۴- میانگین ذرات دی اکسید تیتانیوم برای پوشش های خود تمیز شونده با استفاده از XRD - (KARDAR.2018)



شکل ۵- طرحواره پدیده فوتوکاتالیستی دی اکسید تیتانیوم (https://kiosknano.com)

جدول ۱۰- تجزیه و تحلیل نمونه های مورد بررسی

ردیف	پروژه ها	مصالح نانو بکاررفته	عرصه کاربرد	فواید بهره گیری از تکنولوژی نانو
۱	مرکز تحقیقات BCA	* سلول های فتوولتائیک * شیشه با لعاب خاص تکنولوژی نانو	سیستم های سرمایش و گرمایش وتامین انرژی الکتریکی ساختمان مصالح عایق و تنظیم نور محیط و کاهش آلودگی.	دوام و پایداری بیشتر،خودتمیزشومندگی، افزایش بازدهی انرژی، قابلیت بازیافت، تصفیه های محیط زیستی.
۲	پژوهشکده ملی انرژی های تجدید پذیر کلرادو، آمریکا	*ورقه های ساطع کننده نور، *سیستم های فتوولتائیک باپوشش های نانو * تصفیه هوا توسط فیلترهای نانوبنیان.	مصالح عایق و تنظیم نور محیط و کاهش آلودگی سیستم های سرمایش و گرمایش وتامین انرژی الکتریکی ساختمان تصفیه و پاکسازی محیط	دوام و پایداری بیشتر،خودتمیزشومندگی، افزایش بازدهی انرژی، قابلیت بازیافت، تصفیه های محیط زیستی، پاکسازی و بهداشت درونی ساختمان .نگهداری آسان.
۳	مرکز مطالعات و تجارت بیو ونانوترونیک مارل، آلمان	* شیشه های خود تمیزشونده در جداره خارجی ساختمان *نانو سرامیک جداره های داخلی بنا	تصفیه و پاکسازی محیط	افزایش بازدهی انرژی، قابلیت بازیافت،تصفیه های محیط زیستی، پاکسازی و بهداشت درونی ساختمان.
۴	کلیسای یادبودروز آزادی، رم، ایتالیا	سازه بتنی نانوذرات با خاصیت خودتمیزشومندگی	مصالح باربر تصفیه و پاکسازی محیط	افزایش نسبت مقاومت به وزن، دوام و پایداری بیشتر، مقاومت در برابر آتش، خودتمیز شوندگی، افزایش بازدهی وانرژی، قابلیت بازیافت، تصفیه های محیط زیستی، پاکسازی و بهداشت درونی ساختمان.

۷- نتیجه گیری

امروزه معماری پایدار را می توان همان صحبت معماری ارگانیک که توسط فرانک لوید رایت به عنوان سازگاری ساختمان با طبیعت است تعریف کرد. در مسیر اصول طراحی معماری پایدار که همان مدیریت منابع انرژی، طراحی بر اساس چرخه حیات است، نانوتکنولوژی پلی است که ساختمان را همواره با طبیعت پیرامون خود منطبق می کند. سه اصل ویتروویوس مبنی بر "عملکرد، استحکام، زیبایی" که در برهه ای از زمان تعریفی داشته با ظهور این تکنولوژی در قالب جدید معنا پیدا میکند. نانو خانه ترکیبی از شکل، عملکرد، کنترل و امکانات اصلی یک سرپناه است که به هیچ وجه انرژی را هدر نمیدهد. فن آوری نانو، یک فن آوری جدید است که به ما اجازه می دهد که ویژگی های مصالح را ارتقاء داده و یا حتی ویژگی های جدیدی برای آنها ایجاد کنیم که در بهبود روند طراحی برای دستیابی به معماری پایدار موثر است. عرصه هایی در معماری که فناوری نانو می تواند سبب بهبود شرایط ساخت و ساز در آنها شود عبارتند از: بهینه سازی مصالح، پیشگیری از آسیب، کاهش وزن و حجم مصالح و عناصر ساختمانی، کاهش مراحل تولید، استفاده مفید و پر بازده از مصالح، کاهش نیاز به نگهداری و کم شدن هزینه نگهداری در ساختمان سازی است. تنها، بازگشت به مقتضیات ذاتی مفهوم پایداری در معماری میتواند معماری را به طور طبیعی هویتی پایدار بخشد که در نیل رسیدن به این مهم جوهره تکنولوژی نانو ساختاری ارزشمند را برای معماری به ارمغان می آورد.

تشکر و قدردانی

تشکر قلبی و لسانی خود را از استاد عالی قدر جناب آقای دکتر محمد بهزادپور ه زحمت راهنمایی این پژوهش را عهده دار گردیدند و در تمامی مراحل از راهنمایی های مدیرانه ایشان استفاده نمودم ابراز می دارم.

منابع

- ۱- اخوان و دیگران، (۱۳۸۴) «نانو فناوری آینده آفرینش»، معاونت فرهنگ، ترویج و آموزش شرکت پژوهشگران فناوری نانو، ستاد توسعه فناوری نانو
- ۲- افشاری ب.، (۱۳۹۰)، ساختمان های هوشمند گامی به سوی فناوری نوین در ساخت و ساز، دومین کنفرانس بین المللی معماری و سازه، تهران
- ۳- بشردوست، محمدرضا، (۱۳۹۴)، مروری بر معماری پایدار و تأثیر آن در حوزه محیط زیست، کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در عمران، معماری و شهرسازی، تهران،
- ۴- بیضاوی، م و شهریاری ش، (۱۳۹۸) بررسی و نقش فناوری در معماری پایدار، ششمین همایش ملی تحقیقات کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری و پنجمین نمایشگاه تخصصی انبوه سازان تهران.
- ۵- سعادت، م. سجاذزاده، کامیابی س، (۱۳۹۸)، نقش مواد هوشمند (نانو فناوری) با تأکید بر کاهش مصرف انرژی در ساخت و ساز، صنعت-مجله مهندسی مکانیک و ارتعاشات، دوره ۱۰، شماره ۱، صفحه ۵۹-۶۹
- ۶- صفرزاده ش، ف (۱۳۹۱) ارزیابی نقش فناوری نانو در بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان ها با رویکرد مفهومی به معماری پایدار، دومین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین بهینه سازی انرژی، تهران،
- ۷- گلابچی، م. تقی زاده، ک. سروش نیا ؛ (۱۳۹۱) نانوتکنولوژی در معماری و مهندسی ساختمان، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۸- مامندی سیروان و خرمی فواد، (۱۳۹۶) ارائه الگوهای طراحی پژوهشگاه فناوری نانو با رویکرد معماری اکوتک، فصلنامه معماری سبز، ۹، ۸۱-۹۲
- ۹- محمودی، م (۱۳۹۱)، روند توسعه فناوری اقلیم با رویکرد توسعه پایدار، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، نقش جهان ۲۰ دوره ۱، شماره ۱
- ۱۰- مجیدی، سادات ف؛ هاشمی شهرکی م، (۱۳۹۴) بررسی جایگاه فناوری و نانوتکنولوژی در دستیابی به معماری پایدار، مجله صنعت ساختمان، شماره ۱۱۴، ۱۲-۱۹
- ۱۱- هاشمی م و دیگران (۱۳۹۴) بررسی جایگاه فناوری و نانوتکنولوژی در دستیابی به معماری پایدار، مجله صنعت ساختمان، شماره ۱۱۴، دوره ۱۲ صفحه ۱۹-۱۹
- 12- Hakamy, A., Shaikh, F. (2015), Characteristics of nanoclay and calcined nanoclay-cement nanocomposites. Composites Part B: Engineering, 2015, 78, 174-184
- 13- <https://archacity.com>
- 14- Kardar P, (2018), Self-cleaning coatings based on titanium dioxide for use in historic buildings, Journal of Advanced Materials and New Coatings , 21
- 15- <https://kiosknano.com>
- 16- <https://www.etood.com>
- 17- <https://www.researchgate.net/>
- 18- <http://www.qudsdaily.ir>