



mrkalili2020@gmail.com

محمدرضا خلیلی زیدانلو

دانشجوی دکترای برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان تهران

چکیده

امروزه برای بشر بهره بردن از تکنولوژی تبدیل به یک ضرورت شده است و انرژی، اصلی ترین عامل تأمین نیرو برای بهره گیری از تکنولوژی می باشد. ایران از نظر دارا بودن منابع و ذخایر متنوع انرژی از ثروتمندترین کشورهای جهان به حساب می آید، اما رعایت نشدن اصول ارتقاء بهره وری و بازدهی انرژی موجب شده میزان مصرف و اتلاف انرژی در کشور ایران به مراتب بالاتر از کشورهای صنعتی جهان باشد. ساختمان ها به عنوان یکی از بزرگ ترین مصرف کنندگان انرژی در جهان، نقشی اساسی در تولید گازهای گلخانه ای و اثرات مخرب زیست محیطی دارند. از این رو، بهره گیری از تکنولوژی های نوین و سیستم های هوشمند مدیریت انرژی می تواند به کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره وری در ساختمان های مسکونی و تجاری کمک شایانی کند. هزینه یک ساختمان تنها هزینه طراحی و ساخت نبوده بلکه هزینه نگهداری و استفاده از آن را نیز شامل می شود. اغلب ساختمان ها فاقد امکانات لازم برای مدیریت انرژی می باشند. در این مقاله، به بررسی تکنولوژی های نوین مدیریت انرژی که برای بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان ها کاربرد دارند، می پردازیم و به معرفی برخی از جدیدترین تکنولوژی های بهره وری انرژی نیز خواهیم پرداخت. کلید واژه ها: کاهش مصرف انرژی، فناوری نوین، مدیریت انرژی، سیستم های هوشمند

بررسی فناوری های نوین در صنعت ساختمان با تأکید بر کاهش انرژی ساختمان



ماهنامه فنی و مهندسی شمس
شماره ۱۲۶ - زمستان ۱۴۰۳
www.shams-irceo.ir

مقدمه

بخش ساختمان افزون بر ۴۰ درصد مصرف انرژی کشور را به خود اختصاص می‌دهد که ۷۰ درصد از این ۴۰ درصد سهم ساختمان‌های عمومی دولتی و غیردولتی است. جایگاه ایران در انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح جهان، آلاینده‌گی زیاد کلان‌شهرها، موضوع مدیریت مصرف انرژی و حرکت در مرز دانش فناوری را بیش از پیش مشخص می‌کند. بررسی دلایل اصلی بالا بودن شاخص‌های مصرف انرژی در بخش ساختمان و مسکن نشان می‌دهد، نبود اجرای قوانین و مقررات مرتبط با مصرف انرژی در حین ساخت، استفاده از سیستم‌های تأسیساتی و روشنایی ناکارآمد، بکارگیری تجهیزات خانگی و یا لوازم اداری با راندمان پایین و همچنین فرهنگ و الگوهای مصرف نامناسب، از جمله مهم‌ترین عوامل بالا بودن مصرف انرژی در این بخش محسوب می‌شوند. [۳]

کنترل ساختمان (بهینه‌سازی مصرف انرژی) از جمله ابزارهایی هستند که می‌توانند به ارتقاء کیفیت زندگی و کاهش اثرات زیست‌محیطی ساختمان‌ها کمک کنند [۵].



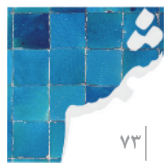
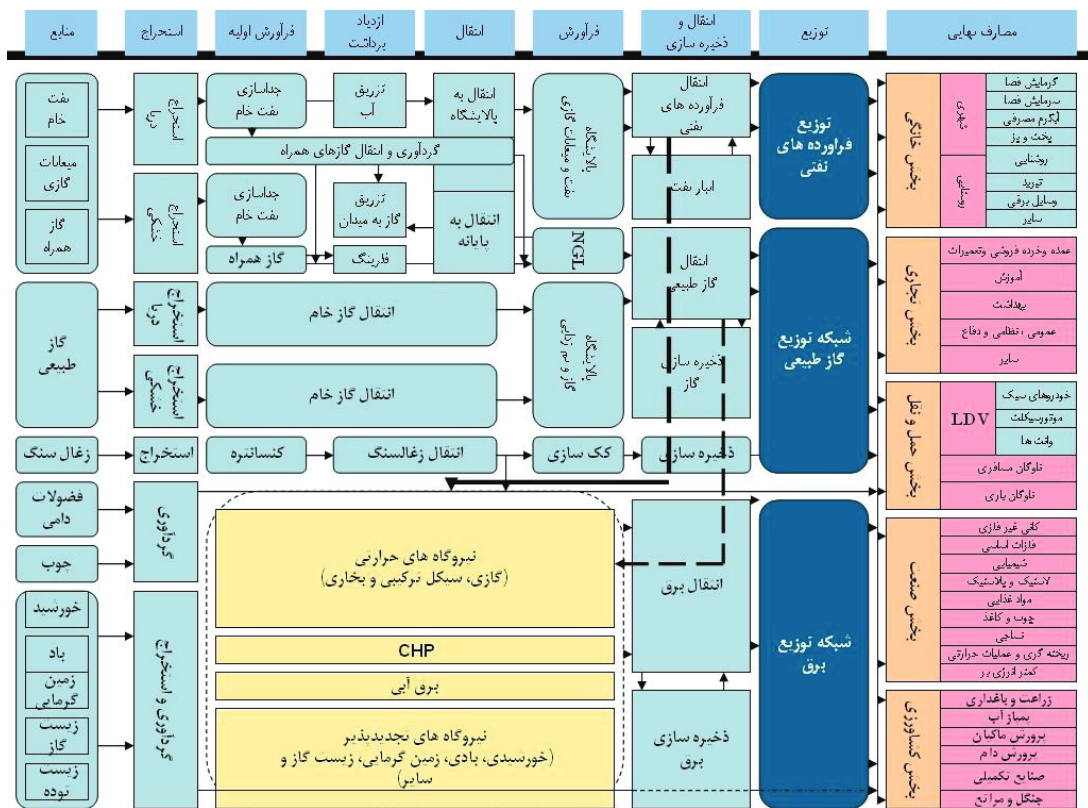
امروزه برای بشر بهره بردن از تکنولوژی تبدیل به یک ضرورت شده است.

استفاده از تکنولوژی‌های نوین در بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها، نقش مهمی در کاهش هزینه‌های انرژی، افزایش بهره‌وری و حفظ منابع طبیعی دارد. سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی و فناوری‌های نوینی نظیر انرژی‌های تجدیدپذیر، پنجره‌های هوشمند، اینترنت اشیا و اجرایی شدن مبحث ۱۹ مقررات ملی و

مدیریت هوشمند انرژی

مرجع اطلاعات انرژی [۱]: وضعیت داده‌های انرژی کشور جمهوری اسلامی ایران توسط مرجع اطلاعات انرژی ارائه شده است (شکل ۱). مشاهده می‌شود امروزه تکنولوژی عضو جدایی ناپذیر صنعت ساختمان سازی شده است و لذا سیستم

شکل ۱- داده‌های سیستم انرژی ایران - سیستم انرژی



کشور، سیستم‌ها و فناوری‌های مطرح روز دنیا نیز مورد بررسی دقیق قرار گرفته و امکان‌سنجی بومی‌سازی و حصول اطمینان از قابلیت انطباق آنها با الگوهای ساخت‌وساز متداول در کشور انجام شود. ساختمان‌سازی صنعتی است که در حال پیشرفت

ارسال می‌کند. عملکرد سیستم مدیریت ساختمان و سیستم مدیریت مصرف انرژی را می‌توانیم در جدول (۱) مقایسه کنیم. ترکیب سیستم BMS و EMS می‌تواند بهره‌وری در مصرف انرژی را افزایش دهد و در نتیجه کاهش هزینه مصرف انرژی در ساختمان را شاهد باشیم. تجزیه و تحلیل داده‌های مصرف انرژی ما را قادر می‌سازد تا فرصت‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی را شناسایی کنیم، زمان بازگشت هزینه کمتری را برای پیاده‌سازی سیستم مدیریت انرژی شاهد باشیم و بهره‌وری سیستم توزیع برق ساختمان را افزایش دهیم.



بخش ساختمان افزون بر ۴۰ درصد مصرف انرژی کشور را به خود اختصاص می‌دهد.

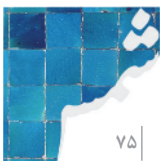
می‌باشد. این صنعت مهم می‌بایست در کمترین زمان بتواند بیشترین بازدهی را داشته و در کنار سرعت بالا باید دارای کیفیت، استحکام، زیبایی و خلاقیت هم باشد. تکنولوژی نوین و ماشینی در صنعت ساختمان‌سازی باعث بهبود کیفیت، افزایش سرعت کار، صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌شود. این تکنولوژی کمک می‌کند که کیفیت مصالح و مواد استفاده شده در ساخت‌وساز متناسب با اقلیم هر منطقه پیش‌بینی شود و بهترین‌ها برای کار مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از تکنولوژی‌های نوین ساختمانی باعث عدم هدررفت منابع طبیعی می‌شود [۲].

فناوری نوین صنعت ساختمان

با توجه به نیاز موجود در کشور، روش‌های سنتی که از جنبه‌های مختلف نیز بهینه نمی‌باشند جوابگوی میزان تقاضای سالانه مسکن مورد نیاز نمی‌باشد. از این رو برای پاسخگویی به این تقاضا، حرکت به سمت تولید صنعتی جهت بهره‌گیری مناسب از منابع کشور و ارتقاء شاخص‌های زندگی و کاهش هزینه‌ها ضروری به نظر می‌رسد. تولید صنعتی ساختمان، فرآیند ساخت و اجرای پیوسته و زنجیره‌ای ساختمان است که در آن اجزا و عناصر ساختمانی به صورت مدولار و پیش‌ساخته تولید شده و از نظر کیفیت در تمام مراحل ساخت و اجرا قابل کنترل است. تجربه جهانی نشان داده است رسیدن به این مهم فرآیندی نسبتاً زمان‌بر است که با سیاست‌گذاری، هدف‌گذاری، برنامه‌ریزی، تدوین قوانین مناسب و مدیریت هماهنگ صنایع وابسته، میسر است. در این راستا لازم است هم‌زمان با انجام طرح‌های پژوهشی کاربردی در

جدول ۱- مقایسه EMS و BMS

BMS	EMS
سیستم مدیریت ساختمان یک سیستم کامپیوتری است که تجهیزات ساختمان شامل سیستم تهویه، روشنایی، سیستم امنیتی، شبکه برق و غیره را کنترل می‌کند.	سیستم مدیریت انرژی ساختمان یک پلتفرم نرم‌افزاری است که برای نظارت، کنترل و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان پیاده‌سازی می‌شود. این سیستم، اوپراتور و مالک ساختمان را قادر می‌سازد تا از عملکرد بهینه سیستم BMS اطمینان حاصل کند.
کسب اطمینان از عملکرد سیستم‌های مکانیکی به طور انفرادی و در کنار سایر تجهیزات ساختمان اصلی‌ترین کارکرد سیستم مدیریت ساختمان محسوب می‌شود.	سیستم EMS تصویر واضحی از مصرف انرژی ساختمان ارائه می‌کند و موقعیت‌های مناسب برای کاهش مصرف انرژی را شناسایی می‌کند.
پیاده‌سازی این سیستم مستلزم استفاده از تجهیزات سخت‌افزاری است.	استفاده از تجهیزات سخت‌افزاری برای پیاده‌سازی EMS ضرورت ندارد.
پیاده‌سازی این سیستم می‌تواند هزینه زیادی به همراه داشته باشد.	از نظر هزینه کارایی بالایی را به همراه دارد.
سیستم BMS برای دست‌یابی به بیشترین میزان بهینه‌سازی سیستم‌های ساختمان محدودیت دارد.	سیستم EMS پلتفرمی را در اختیار ما قرار می‌دهد که بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان را آسان‌تر می‌سازد.



۴-۱- نوآوری‌های جدید در صنعت ساختمان

موارد زیادی از این نوع از تکنولوژی‌ها که در صنعت ساختمان راه خود را پیدا کرده‌اند و بسیار تأثیرگذار می‌باشند، وجود دارد که با توجه به اهمیت آن چند نمونه از بهترین‌های این تکنولوژی‌ها را معرفی می‌کنیم.



جهت بهینه‌سازی در مصرف انرژی بایستی از متریال و مصالحی استفاده کرد که علاوه بر ماندگاری بسیار بالا، زیبایی و مقاومت عالی در برابر فشار و تنش‌های مختلف نیز داشته باشد.

۴-۱-۱- واقعیت مجازی^(۴) در صنعت ساختمان

واقعیت مجازی یک فناوری است که محیط تولید شده توسط کامپیوتر را شبیه‌سازی می‌کند و امکان تعامل با آن را به شیوه‌ای بسیار واقع‌گرایانه ممکن می‌سازد. واقعیت مجازی به کاربران خود اجازه می‌دهد که خود را در یک محیط مصنوعی و کامپیوتری غوطه‌ور کنند و در زمان واقعی با آن تعامل داشته باشند. واقعیت مجازی می‌تواند ارتباطی مجازی ولی در عین حال واقعی با دنیای خود ولی در بستری دیگر باشد و همین امر موجب می‌شود تا بتوان با استفاده از این ایده و فناوری، بسیاری از کارهای صنعت ساختمان را بهبود بخشید. این تکنولوژی می‌تواند طرح‌های مختلف را جلوی چشمان شما آورده و باعث شود تا شما حال و هوای زندگی عادی خود را در دنیایی مجازی داشته باشید و این امر موجب می‌شود تا بسیاری از ایرادات و یا مزایای یک طرح به مرور کشف شده و بتوان از مدل‌های سه بعدی ساختمان مانند ماکتی با طرح زنده استفاده نمود. این شبیه‌سازی به‌شدت به دنیای واقعی گرایش دارد. برای انطباق هر چه بهتر دنیای دیجیتال با دنیای واقعی، معمولاً از الگوریتم‌های مدرن هوش مصنوعی استفاده می‌شود. این‌ها وظیفه دارند عناصر جدید و آشنا را بر روی یک سطح تعریف شده ریاضی به نمایش بگذارند. نتیجه، یک دنیای مجازی است که برای کاربران به طرز فریبنده‌ای واقعی به نظر می‌رسد. این سخت‌افزار معمولاً شامل یک هدست یا نمایشگر، کنترل‌کننده‌های حرکتی و حسگرهایی است که حرکات و ژست‌های کاربر را در زمان واقعی

ردیابی می‌کنند. نرم‌افزار نیز شامل ایجاد یک محیط دیجیتالی با استفاده از گرافیک‌های کامپیوتری، صدا و سایر ورودی‌های حسی برای شبیه‌سازی یک تجربه کاملاً فراگیر است. با وجود مزایای فراوان، فناوری واقعیت مجازی بدون چالش نیست. یکی از بزرگ‌ترین موانع برای پذیرش گسترده VR هزینه تجهیزات و توسعه است که می‌تواند برای بسیاری از سازمان‌ها و افراد بازدارنده باشد. در عین حال، فناوری واقعیت مجازی هنوز در همه کشورهای جهان به یک اندازه در دسترس نیست، این نیز به این دلیل است که تحقیقات در این زمینه هنوز به طور کامل تکمیل نشده است.

۴-۱-۲- هوش مصنوعی^(۵)

هوش مصنوعی به سرعت در حال تبدیل شدن به یک نیروی محرک در صنعت ساختمان‌سازی است. این فناوری نوین، با ارائه راه‌حل‌های خلاقانه و کارآمد، پتانسیل ایجاد تحول در تمام مراحل ساخت‌وساز، از طراحی و برنامه‌ریزی تا اجرا و نگهداری را دارد. بنابراین کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان به سه دسته طراحی و برنامه‌ریزی، اجرا و ساخت، نگهداری و بهره‌برداری مربوط می‌شود. در هر دسته نیز دارای کاربردهای بسیار متنوعی است؛ صنعت ساختمان‌سازی، بخش قابل توجهی از اقتصاد هر کشور را تأمین می‌کند. به همین دلیل رشد و توسعه آن در تمام مراحل، اهمیت بسیار زیادی دارد و موجب رشد اقتصاد می‌شود. یکی از راه‌هایی که موجب رشد این صنعت می‌شود، استفاده از هوش مصنوعی در جنبه‌های مختلف ساخت‌وساز است. این فناوری به هر عرصه‌ای که وارد شود، تحولات زیادی ایجاد کرده و باعث سرعت بخشیدن به آن می‌شود. هوش مصنوعی پتانسیل عظیمی برای دگرگونی صنعت ساختمان‌سازی دارد. با استفاده از این فناوری نوین، می‌توان شاهد افزایش راندمان، کاهش هزینه‌ها، ارتقای ایمنی و پایداری در پروژه‌های ساخت‌وساز بود. متخصصان حوزه ساختمان با آگاهی از کاربردهای هوش مصنوعی، می‌توانند یک برگه برنده عالی نسبت به رقبا داشته باشند. هوش مصنوعی با اتوماسیون سیستم‌های روشنایی، تهویه، گرمایش و سرمایش، می‌تواند به ایجاد ساختمان‌های هوشمند و پایدار کمک کند. برخی از مزایا و کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان در جدول (۲) ارائه گردیده است [۴].

۴-۱-۳- آجر هوشمند

تکنولوژی جدید در ساختمان‌سازی آجرهای هوشمند هستند که در طراحی ساختمان‌های تجاری و مسکونی استفاده از آن را در نظر می‌گیرند. آجرهای هوشمند در برابر تغییرات مختلف آب‌وهوایی فرم خود را به گونه‌ای قرار می‌دهند تا به عنوان عایق گرما و سرما باشند. این آجرها که به فرم قطعات

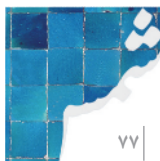


وزن آن و همچنین اتصال مناسب آجرها به یکدیگر می‌باشد. آجرها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که علاوه بر راحتی در اتصال، شامل فضاهای درونی باز برای عایق کاری و جاسازی عناصر تأسیساتی و زیرساختی هستند و پنل‌های متصل شونده به آجرها قابل جدا شدن بوده و دسترسی آسان به این عناصر را امکان‌پذیر می‌کنند. دقت شود که این پنل‌ها برعکس پنل‌های گچی مورد استفاده در ساختمان به جای اینکه پیچ شوند، در آجرها قفل می‌شوند و همین ویژگی سبب می‌شود که یکبار مصرف نبوده و در صورت نیاز به انجام تعمیرات بتوان آن را به راحتی جدا و سپس متصل نمود

لگو هستند نصب بسیار راحتی دارند و اتصال بسیار محکمتری نسبت به آجرهای سنتی پیدا می‌کنند. با توجه به خاصیت عایق بودن در مصرف هزینه‌های انرژی هم صرفه‌جویی عظیمی خواهد شد. آجر هوشمند انقلابی در صنعت تولید آجر بوده و اساس یک سیستم ساختمانی جدید است که تحت پوشش ثبت اختراعات ایالات متحده قرار دارد. در حال حاضر شرکت Kite Bricks در حال توسعه یک سیستم ساختمانی مدولار است که بسیار شبیه به Lego عمل می‌کند و از طریق اتصالات مختلف و ویژه به شکلی ایمن در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. هندسه آجرها جهت کم شدن

جدول ۲- مزایا و کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

ردیف	مزایا	کاربرد	مثال
۱	کاهش وزن سازه، افزایش مقاومت، صرفه‌جویی در مصرف مصالح	طراحی بهینه سازه	طراحی پل با استفاده از هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی وزن و مقاومت
۲	مدیریت بودجه پروژه	برآورد دقیق هزینه	پیش‌بینی دقیق هزینه‌های ساخت یک ساختمان
۳	جلوگیری از تأخیرها	مدیریت زمان پروژه	برنامه‌ریزی زمانبندی پروژه با هوش مصنوعی برای پیش‌بینی چالش‌های احتمالی
۴	تضمین کیفیت ساخت و ساز	کنترل کیفیت	رصد کیفیت مصالح و فرآیندهای ساخت با استفاده از بینایی ماشین
۵	ارتقای ایمنی کارگران	ایمنی کارگران	شناسایی خطرات احتمالی در محیط کار با هوش مصنوعی
۶	جلوگیری از خرابی‌های ناگهانی	مدیریت تجهیزات	رصد وضعیت تجهیزات و پیش‌بینی نیاز به تعمیرات
۷	برنامه‌ریزی برای تعمیرات پیشگیرانه	بازرسی و نگهداری پیشگیرانه	پیش‌بینی نیاز به تعمیرات و نگهداری با تحلیل داده‌های مربوط به عملکرد سازه
۸	بهینه‌سازی مصرف انرژی	مدیریت انرژی	اتوماسیون سیستم‌های روشنایی، تهویه، گرمایش و سرمایش
۹	ایجاد ساختمان‌های پایدار	ایجاد ساختمان‌های هوشمند	اتوماسیون سیستم‌های مختلف ساختمان برای افزایش راندمان و پایداری
۱۰	انتخاب مصالح با توجه به شرایط محیطی و نیازهای پروژه	انتخاب مصالح مناسب	پیشنهاد مناسب‌ترین مصالح برای ساخت و ساز
۱۱	مدیریت مؤثر زنجیره تامین مواد و مصالح	برنامه‌ریزی و مدیریت زنجیره تامین	برنامه‌ریزی و مدیریت زنجیره تامین مواد و مصالح مورد نیاز در پروژه‌های ساخت و ساز
۱۲	کمک به پیمانکاران برای مقابله با ریسک‌های احتمالی	پیش‌بینی و مدیریت ریسک	پیش‌بینی ریسک‌های احتمالی در پروژه‌های ساخت و ساز و ارائه راه‌حل‌های جایگزین
۱۳	مدیریت مؤثر تأسیسات در ساختمان‌ها	مدیریت تأسیسات	مدیریت مؤثر تأسیسات در ساختمان‌ها
۱۴	افزایش عمر مفید سازه‌های قدیمی	عمران و بهسازی	عمران و بهسازی سازه‌های قدیمی و فرسوده
۱۵	کمک به انتخاب بهترین راه حل‌های هوش مصنوعی برای صنعت ساختمان‌سازی	ارائه خدمات مشاوره	ارائه خدمات مشاوره به شرکت‌های ساختمانی در خصوص انتخاب بهترین راه حل‌ها



(شکل ۳) و با توجه به پیش‌بینی کمپانی مربوط، این موضوع در حدود ۳۰٪ کاهش مصرف انرژی به همراه خواهد داشت.

۴-۱-۴- سیمان بازتاب‌دهنده نور

جهت بهینه‌سازی در مصرف انرژی بایستی از متریال و مصالحی استفاده کرد که علاوه بر ماندگاری بسیار بالا، زیبایی و مقاومت عالی در برابر فشار و تنش‌های مختلف نیز داشته باشد. یک نمونه

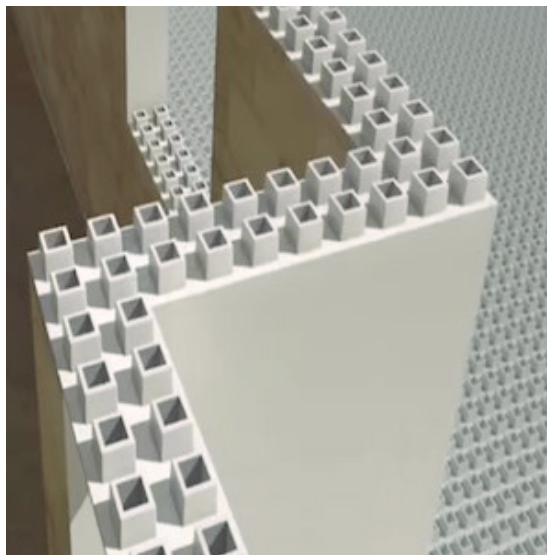
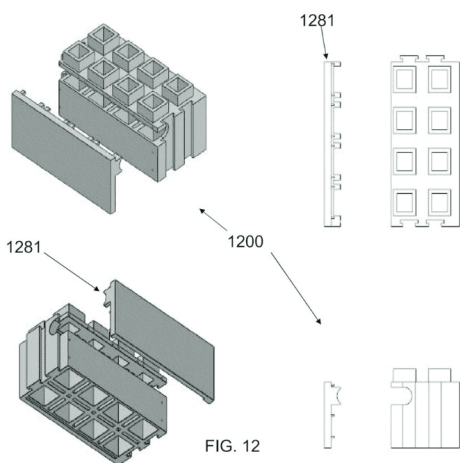
مواد تشکیل‌دهنده این سیمان همان شن و ماسه، رس و گرد و غبار است. از این رو از لحاظ زیست‌محیطی هم برای طبیعت مشکلی ایجاد نمی‌کند. علاوه بر این در هنگام تولید تنها گاز آزاد شده بخار آب است. فرایند تولید این سیمان در دمای اتاق انجام می‌شود و نیازی به مصرف انرژی زیاد ندارد. گفته می‌شود که عمر این سیمان ۱۰۰ سال است. در حال حاضر رنگ نور سیمان شبرنگ سبز یا آبی است، اما در آینده با رنگ‌های مختلفی تولید خواهد شد. سطح روشنایی سیمان را می‌توان در حین تولید تنظیم کرد تا با توجه به محل استفاده چشم را آزار ندهد.

۴-۱-۵- بتن خود ترمیم‌کننده

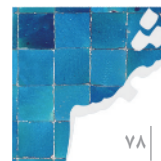
امروزه هر کسی که با ساخت‌وساز سروکار داشته باشد و یا آن را دیده باشد، می‌داند که یکی از مصالح اصلی در ساخت‌وساز، بتن است. بتن در واقع در هر نوع ساخت‌وسازی باعث ایجاد مقاومت و استحکام سازه شده و خودعایقی قوی می‌باشد اما برخی به آن ایراد می‌گیرند و ایراد وارده را این‌گونه بیان می‌کنند که به مرور زمان ترک برداشته و این ترک خوردگی‌ها در اثر آب‌وهوا و شرایط محیط و همچنین ضربه، ایجاد می‌شود در این راستا، یکی از فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان، نوع خاصی از بتن است که به صورت خودکار و خودبه‌خود می‌تواند این ترک‌های بوجود آمده را ترمیم نماید. این نوع بتن که با نام بتن خود ترمیم و یا بیوپتن شناخته می‌شود، از فناوری نوین در این صنعت بوده و تحولی عظیم در این صنعت می‌باشد. این نوع از بتن دارای نوعی باکتری است که در زمان

**بتن خود ترمیم‌شونده
معجزه‌ای است در صنعت
ساخت‌وساز که نگرانی بابت
ایجاد ترک در سازه و رخ دادن
آسیب‌های شدیدتر را برطرف
می‌سازد.**

تکنولوژی جدید ساختمان‌سازی، سیمان‌های بازتاب‌دهنده نور هستند که نور جذب شده خورشید در طول روز را در شب منتشر می‌کنند. بنابراین با استفاده از این سیمان‌ها در طول روز در ساختارهایی مثل استخر، حمام، نمای بیرونی، جاده‌ها، پارکینگ و آشپزخانه‌ها می‌توان مصرف برق و انرژی را به شدت کاهش داد.



شکل ۳- آجر هوشمند



هوشمند بودن، خطای انسانی را به حداقل رسانده و سبب اطمینان از تشخیص و ترمیم کلبه ترک‌های موجود می‌شود. از این رو، بتن خود ترمیم‌شونده امروزه جایگاه ویژه‌ای در ساختمان‌سازی پیدا کرده و به منظور تأمین مقاومت و پایداری سازه کاربرد دارد.

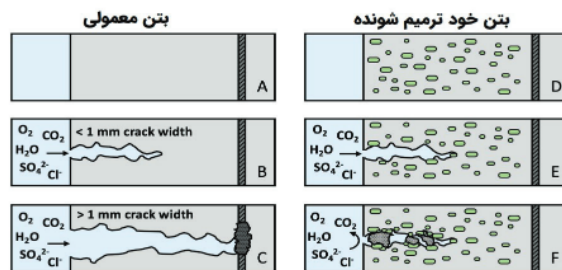
■ جمع‌بندی

روش‌های سنتی که از جنبه‌های مختلف نیز بهینه نمی‌باشند جوابگوی میزان تقاضای سالانه مسکن مورد نیاز نمی‌باشد. از این رو برای پاسخگویی به این تقاضا، حرکت به سمت تولید صنعتی جهت بهره‌گیری مناسب از منابع کشور و ارتقاء شاخص‌های زندگی و کاهش هزینه‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. تکنولوژی جدید ساختمان‌سازی در دسته تجهیزات و متریال‌هایی است که برای مقاوم‌سازی هر چه بیشتر، کاهش هزینه‌ها و هدررفت مصالح، افزایش سرعت کار، نظارت دقیق و کاهش خطرات رایج برای نیروی کار استفاده می‌شوند. با پیشرفت روزافزون تکنولوژی و کاهش هزینه‌های تولید، انتظار می‌رود که در آینده نزدیک استفاده از سیستم‌های هوشمند و تکنولوژی‌های نوین در بهینه‌سازی مصرف انرژی، به امری رایج و ضروری در ساختمان‌ها تبدیل شود. در راستای گسترش تکنولوژی در صنعت ساختمان بایستی برخی از چالش‌های آن را نیز در نظر گرفته شود. یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های مرتبط با تکنولوژی‌های نوین مدیریت انرژی، هزینه‌های اولیه بالای نصب و اجرای آن‌ها است. پانل‌های خورشیدی، سیستم‌های ژئوترمال و تکنولوژی‌های هوشمند نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه قابل توجهی دارند. پیاده‌سازی این سیستم‌ها نیز نیاز به آموزش متخصصان و استفاده‌کنندگان دارد. بسیاری از مردم با فناوری‌های نوین آشنا نیستند و ممکن است از آن‌ها به درستی استفاده نکنند. و در واقع به آموزش و فرهنگ‌سازی نگاه جدی بایستی شود.

ترک خوردگی فعالیت خود را آغاز کرده و در کنار رطوبت و کربنات کلسیم از خود واکنشی را بروز می‌دهد و تغییر کرده و در نتیجه به سنگ آهک تبدیل می‌شود این اتفاق باعث ترمیم ترک‌ها می‌گردد (شکل ۴). بتن خود ترمیم‌شونده یکی از مصالح مقاوم و کاربردی است که از آن به‌منظور اجرای پروژه‌های ساختمان‌سازی استفاده می‌شود. علی‌رغم مقاومت بالای این فرآورده‌های فولادی در برابر فشار و تنش‌های خارجی، اما در صورت وارد شدن نیروی کششی به قطعات این محصولات، احتمال شکنندگی و آسیب‌دیدگی آن وجود دارد. ریز ترک‌های سطح بتن می‌توانند در طولانی مدت و در صورت تکرار فشار، به یکدیگر متصل شده و شکاف‌های عمیقی را در سطح این محصول ایجاد کنند. بدیهی است که گسترش شکاف‌های ایجاد شده در سازه‌های بتنی، از هم‌گسیختگی سایر عناصر ساختمانی را به دنبال خواهند داشت.

بتن خود ترمیم‌شونده معجزه‌ای است در صنعت ساخت‌وساز که نگرانی بابت ایجاد ترک در سازه و رخ دادن آسیب‌های شدیدتر را برطرف می‌سازد. علاوه بر این، بتن خود ترمیم‌شونده به دلیل

شکل ۴- مقایسه بتن معمولی و بتن خود ترمیم‌شونده



■ پی‌نوشت

- ۱- Building Management System
- ۲- Smart hom
- ۳- Energy Management System
- ۴- Virtual Reality
- ۵- Artificial Intelligence

■ مراجع

[۱] www.energyinformation.ir

- [۲] آمار تفصیلی صنعت برق ایران؛ معاونت منابع انسانی و تحقیقات؛ دفتر فناوری اطلاعات و آمار، شرکت مادر تخصصی وزارت نیرو
- [۳] شیخی نשלجی، و مهدی‌زاده سراج. طراحی سایبان هوشمند برای ساختمان اداری جهت کنترل ورود نور ستقیم خورشید مبتنی بر کاهش بار سرمایشی با الگوبرداری از گره‌های ایرانی اسلامی. مجله علمی پژوهش‌های معماری نوین
- [۴] رضائی، مرادی، بهینه‌سازی انرژی الکتریکی مصرفی بر اساس الگوهای رفتاری ساکنان در خانه هوشمند با استفاده از الگوریتم داده کاوی با به کارگیری سیستم شبکه هوشمند و منابع انرژی تجدیدپذیر. هوش محاسباتی در مهندسی برق
- [۵] جمال الدین هنرور، سعید حقیقی، بررسی فناوری‌های نوین در معماری با تأکید بر کاهش انرژی ساختمان، هفتمین کنفرانس بین‌المللی فناوری و مدیریت انرژی

