

هوش مصنوعی در معماری پایدار و طراحی محیطی

حمید رهان کیا

کارشناسی معماری، موسسه آموزش عالی حکمت، قم، ایران

چکیده

این تحقیق به بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در معماری پایدار و طراحی محیطی می‌پردازد. با استفاده از روش تحقیق مروری و کتابخانه‌ای، منابع مختلف علمی و پژوهشی در زمینه‌ی تأثیرات هوش مصنوعی بر طراحی پایدار جمع‌آوری و تحلیل شده‌اند. هدف اصلی این تحقیق، شناسایی نحوه به‌کارگیری هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی، تحلیل تأثیرات زیست‌محیطی و طراحی فضای داخلی ساختمان‌ها است. نتایج نشان می‌دهند که هوش مصنوعی می‌تواند به طراحان و معماران در پیش‌بینی رفتار ساختمان‌ها در شرایط مختلف محیطی و بهینه‌سازی طراحی‌های معماری کمک کند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند با تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از سنسورها، شرایط دما، نور و تهویه را به‌طور خودکار تنظیم کنند و مصرف انرژی را کاهش دهند. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند در مدل‌سازی سه‌بعدی و شبیه‌سازی تأثیرات مختلف طراحی‌ها بر محیط زیست استفاده شود. این فناوری همچنین می‌تواند به طراحی فضاهای داخلی هوشمند و بهینه کمک کند تا نیازهای ساکنین به‌طور لحظه‌ای شناسایی و شرایط محیطی بهینه تنظیم شود. در نهایت، هوش مصنوعی به عنوان یک ابزار موثر در معماری پایدار، نه تنها به بهینه‌سازی مصرف منابع و کاهش هزینه‌ها کمک می‌کند، بلکه به ایجاد فضاهایی با کاربری بهتر و راحتی بیشتر برای ساکنین نیز می‌انجامد.

واژه‌های کلیدی: هوش مصنوعی، معماری پایدار، سیستم‌های هوشمند، مدیریت انرژی

۱- مقدمه

هوش مصنوعی (AI) به طور فزاینده‌ای در معماری پایدار و طراحی محیطی کاربرد پیدا کرده است و به طراحان و معماران ابزارهای جدیدی برای ارتقاء کارایی، کاهش مصرف انرژی و بهبود کیفیت محیط‌های ساخته‌شده می‌دهد. در معماری پایدار، استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند به طراحی ساختمان‌هایی کمک کند که نه تنها از لحاظ زیست‌محیطی بهینه هستند، بلکه به لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه خواهند بود. (Abd El-Maksoud et al, 2024) سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند به طور دقیق‌تر پیش‌بینی کنند که چگونه ساختمان‌ها می‌توانند از منابع انرژی استفاده کنند و به حداقل رساندن اثرات منفی بر محیط زیست را تضمین نمایند. (Widodo et al, 2024) در طراحی محیطی، هوش مصنوعی با استفاده از داده‌های عظیم و الگوریتم‌های پیچیده، به معماران این امکان را می‌دهد که شرایط محیطی مانند نور طبیعی، تهویه، دما و آلودگی را به طور دقیق‌تر شبیه‌سازی کنند. این شبیه‌سازی‌ها می‌توانند به طراحان کمک کنند تا تصمیمات بهتری در مورد انتخاب مصالح، شکل‌گیری فضا و استراتژی‌های بهینه برای کاهش اثرات محیطی ساختمان‌ها اتخاذ کنند (Yadav et al, 2023). یکی از کاربردهای برجسته هوش مصنوعی در معماری پایدار، استفاده از آن در مدل‌سازی انرژی است. سیستم‌های هوشمند می‌توانند مدل‌های انرژی دقیق‌تری ایجاد کنند که به طراحان کمک می‌کند تا مصرف انرژی را در طول عمر ساختمان بهینه‌سازی کنند. (Tzortzis et al, 2024) این مدل‌ها همچنین می‌توانند به پیش‌بینی نیاز به گرمایش، سرمایش و تهویه پرداخته و از هدررفت انرژی جلوگیری کنند. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند به تحلیل تأثیرات زیست‌محیطی پروژه‌ها کمک کند. الگوریتم‌ها می‌توانند به شبیه‌سازی اثرات مختلف طراحی بر اکوسیستم‌های طبیعی و محیط‌های شهری پرداخته و پیشنهادهایی برای کاهش اثرات منفی ارائه دهند. به این ترتیب، معماران می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌تری اتخاذ کنند (جهان بخشی دهکردی، ۱۴۰۳) این درحالیست که این امر موجب حفاظت از منابع طبیعی و بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها می‌شود. همچنین، در طراحی شهری، هوش مصنوعی می‌تواند به تحلیل الگوهای ترافیکی و جریان‌های جمعیتی کمک کند و به طراحان این امکان را بدهد که فضاهای عمومی و خصوصی را به گونه‌ای طراحی کنند که نیازهای ساکنان به بهترین نحو تأمین شود. این کاربردها می‌تواند به کاهش مصرف انرژی در مقیاس شهری و بهبود شرایط زیست‌محیطی نیز کمک کند. (حمیدی، ۱۴۰۳)

استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند به تسهیل فرآیندهای طراحی کمک کند و زمان لازم برای اجرای پروژه‌ها را کاهش دهد. به‌ویژه در پروژه‌های بزرگ، هوش مصنوعی قادر است با تحلیل داده‌های مختلف و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف، گزینه‌های طراحی مختلف را سریع‌تر مقایسه کند و بهترین راه‌حل‌ها را پیشنهاد دهد. این امر می‌تواند به کاهش هزینه‌های ساخت و بهبود دقت طراحی کمک کند. یکی دیگر از کاربردهای نوین هوش مصنوعی در معماری پایدار، استفاده از ربات‌ها و سیستم‌های خودکار برای ساخت و اجرای پروژه‌ها است. ربات‌ها می‌توانند به طور خودکار و با دقت بالا، مواد را به مکان‌های مناسب منتقل کرده و عملیات مختلف ساخت را انجام دهند. این فناوری می‌تواند نه تنها سرعت ساخت را افزایش دهد، بلکه مصرف منابع و انرژی را نیز کاهش دهد و به کاهش ضایعات در فرآیند ساخت کمک کند. همچنین، ربات‌ها می‌توانند وظایف خطرناک یا دشوار را انجام دهند و ایمنی کارکنان را در طول مراحل ساخت تضمین کنند. هوش مصنوعی همچنین می‌تواند در مدیریت پس از ساخت نیز نقش مؤثری ایفا کند. سیستم‌های هوشمند می‌توانند به نظارت بر وضعیت ساختمان‌ها پرداخته و به‌طور مداوم داده‌ها را جمع‌آوری کنند تا مشکلاتی مانند نشت، فرسایش یا مشکلات انرژی را شناسایی و گزارش دهند. این اطلاعات می‌تواند به مالکین و مدیران ساختمان کمک کند تا به موقع اقدام کنند و از هزینه‌های تعمیرات بزرگ و غیرمنتظره جلوگیری کنند. آینده معماری پایدار به شدت به توسعه و به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی بستگی دارد. استفاده از این فناوری‌ها در طراحی و ساخت می‌تواند به تحقق اهداف محیطی و اجتماعی کمک کند، به‌ویژه با توجه به چالش‌های جهانی تغییرات اقلیمی و نیاز به کاهش تأثیرات منفی انسان بر زمین. از این رو، معماران، طراحان و مهندسان باید

از این تکنولوژی‌ها به بهترین نحو استفاده کرده و آن‌ها را در استراتژی‌های خود برای ساخت ساختمان‌های پایدارتر و دوست‌دار محیط زیست ادغام کنند. (Ayoola et al, 2024)

۲- مبانی نظری

۲-۱- معماری پایدار

معماری پایدار به معنای طراحی و ساخت ساختمان‌ها به گونه‌ای است که اثرات منفی آن‌ها بر محیط زیست کاهش یابد و در عین حال نیازهای اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی انسان‌ها را نیز تأمین کند. این نوع معماری تلاش می‌کند تا با بهره‌گیری از منابع طبیعی به‌طور بهینه، انرژی را به کمترین حد ممکن مصرف کند و از مواد سازگار با محیط زیست استفاده کند. هدف اصلی معماری پایدار، ایجاد ساختمان‌هایی است که علاوه بر ارائه عملکرد مناسب، به حفظ و بهبود کیفیت محیط زیست کمک کنند. (هاشمی کلی، ۱۴۰۳) این ساختمان‌ها معمولاً ویژگی‌های زیر را دارند: صرفه‌جویی در مصرف انرژی، استفاده از سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر مانند پنل‌های خورشیدی یا توربین‌های بادی، بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش نیاز به منابع انرژی غیرقابل تجدید. استفاده از مواد طبیعی و بازیافتی، انتخاب مواد ساختمانی که از منابع تجدیدپذیر به دست می‌آیند و یا قابلیت بازیافت دارند. کاهش مصرف آب، طراحی سیستم‌هایی که مصرف آب را به حداقل می‌رسانند، مانند استفاده از سیستم‌های جمع‌آوری آب باران یا استفاده از تجهیزات کم‌مصرف. (Yu, 2024) ارتباط با محیط طبیعی، طراحی فضاها به گونه‌ای که به محیط اطراف احترام بگذارند و از چشم‌اندازها و ویژگی‌های طبیعی به نحو مطلوبی بهره ببرند. سلامت و رفاه ساکنان، فراهم کردن محیط‌های سالم و راحت برای ساکنان، مانند استفاده از تهویه طبیعی، نورپردازی مناسب و کاهش آلودگی‌های داخلی. در مجموع، معماری پایدار هدفش ایجاد فضاهایی است که نه تنها نیازهای انسان‌ها را برآورده کنند بلکه به حفظ منابع طبیعی و ارتقاء کیفیت زندگی کمک نمایند. (اکبری بالدرلو و همکاران، ۱۳۹۹)

۲-۲- معماری پایدار و اهمیت آن در دنیای امروز

معماری پایدار به معنای طراحی و ساخت ساختمان‌هایی است که تأثیرات منفی کمتری بر محیط‌زیست دارند و منابع طبیعی را به شیوه‌ای کارآمد و مسئولانه استفاده می‌کنند. در دنیای امروز که با بحران‌های زیست‌محیطی، تغییرات اقلیمی و مصرف بی‌رویه منابع روبرو هستیم، اهمیت معماری پایدار بیش از پیش محسوس است. این نوع معماری نه تنها به بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها کمک می‌کند (Dabaieh, 2021) بلکه به حفظ و نگهداری منابع طبیعی برای نسل‌های آینده نیز توجه دارد. معماری پایدار بر مبنای چند اصل اساسی استوار است؛ استفاده از مواد ساختمانی با دوام و کم‌مصرف، بهینه‌سازی انرژی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی و طراحی فضاهای داخلی به گونه‌ای که مصرف انرژی را به حداقل برساند. این روش‌ها به ساختمان‌ها کمک می‌کنند تا انرژی کمتری مصرف کنند و تأثیرات منفی زیست‌محیطی آن‌ها کاهش یابد. از دیگر مزایای معماری پایدار، ایجاد فضاهایی با کیفیت زندگی بالاتر است. ساختمان‌های پایدار معمولاً از تهویه طبیعی، نور روز و طراحی‌هایی بهره می‌برند که راحتی و سلامتی ساکنان را افزایش می‌دهد. (فرهادی، ۱۴۰۳) این نوع طراحی‌ها نه تنها هزینه‌های انرژی را کاهش می‌دهند بلکه موجب کاهش آلودگی هوا و بهبود شرایط زیست‌محیطی نیز می‌شوند. معماری پایدار نقش مهمی در کاهش اثرات تغییرات اقلیمی ایفا می‌کند. با استفاده از مواد ساختمانی دوستدار محیط‌زیست، بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده از فناوری‌های نوین، می‌توان تأثیرات منفی ساختمان‌ها بر کره زمین را به حداقل رساند؛ بنابراین، معماری پایدار نه تنها یک نیاز ضروری برای دنیای امروز است بلکه برای آینده‌ای بهتر و پایدارتر نیز ضروری است (Iwuanyanwu et al, 2024).

معماری پایدار همچنین به ایجاد جوامع مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی کمک می‌کند. ساختمان‌های طراحی‌شده به شیوه‌ای پایدار می‌توانند در برابر بلایای طبیعی مانند طوفان‌ها، سیل‌ها و زلزله‌ها مقاوم‌تر باشند، چرا که طراحی‌های خاص این ساختمان‌ها از مواد مقاوم و با کیفیت استفاده می‌کنند که استحکام بالاتری دارند. همچنین، استفاده از اصول طراحی زیست‌محیطی می‌تواند به کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری در طول زمان منجر شود. در کنار این موارد، معماری پایدار

به کاهش هزینه‌های زندگی در طولانی‌مدت نیز کمک می‌کند. مصرف کمتر انرژی در ساختمان‌های پایدار به معنی کاهش هزینه‌های انرژی برای ساکنان است. (دانیالی و همکاران، ۱۴۰۳) به‌ویژه در شرایطی که هزینه انرژی در بسیاری از مناطق در حال افزایش است، استفاده از سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر مانند پنل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی می‌تواند هزینه‌های جاری را به طور قابل‌توجهی کاهش دهد. یکی دیگر از جوانب مهم معماری پایدار، توجه به منابع آب است. طراحی‌های معماری پایدار معمولاً شامل سیستم‌های جمع‌آوری و ذخیره آب باران، استفاده مجدد از آب خاکی و بهینه‌سازی مصرف آب در فضاهای مختلف ساختمان است. این اقدامات به کاهش مصرف آب و کاهش فشار بر منابع آبی طبیعی کمک می‌کند و در مناطق کم‌آب می‌تواند نقش مهمی در حفظ منابع آبی ایفا کند. (داوری نژاد، ۱۳۸۸) معماری پایدار تنها به طراحی ساختمان‌ها محدود نمی‌شود، بلکه به یک شیوه زندگی اشاره دارد که در آن توجه به محیط‌زیست، منابع طبیعی و نیازهای انسان‌ها در کنار هم قرار می‌گیرد. این نوع معماری یک رویکرد جامع و چندبعدی است که در آن نه تنها به ویژگی‌های فنی و زیست‌محیطی ساختمان‌ها پرداخته می‌شود، بلکه به تأثیرات اجتماعی و اقتصادی نیز توجه می‌شود. گسترش و ترویج معماری پایدار نیازمند تغییرات فرهنگی و اجتماعی است. باید آموزش‌های مناسب در مورد اهمیت حفاظت از محیط‌زیست و روش‌های بهینه‌سازی منابع به جامعه ارائه شود تا مردم بیشتر از مزایای این نوع معماری آگاه شوند و از آن استقبال کنند. همچنین، دولت‌ها و نهادهای مختلف باید قوانین و مقرراتی را برای تشویق به استفاده از معماری پایدار وضع کنند تا بتوانند این روند را تسریع کرده و به یک استاندارد جهانی تبدیل کنند. (Salameh et al, 2023)

۲-۳- هوش مصنوعی در مدیریت بهینه مصرف انرژی

هوش مصنوعی (AI) به عنوان یک ابزار قدرتمند در مدیریت بهینه مصرف انرژی، توانسته است تحولات قابل توجهی در زمینه کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری ایجاد کند. استفاده از الگوریتم‌ها و مدل‌های یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی و تحلیل داده‌های بزرگ، به سازمان‌ها و افراد کمک می‌کند تا مصرف انرژی را به صورت هوشمند و با دقت بالا مدیریت کنند. یکی از مهم‌ترین کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت انرژی، پیش‌بینی مصرف انرژی است. با استفاده از داده‌های تاریخی و الگوریتم‌های پیش‌بینی، سیستم‌های هوشمند قادر به پیش‌بینی تقاضا و عرضه انرژی در زمان‌های مختلف هستند. (حسینی فر و همکاران، ۱۴۰۳) این پیش‌بینی‌ها به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهند که منابع انرژی را به بهترین نحو تخصیص دهند و از هدررفت انرژی جلوگیری کنند. به عنوان مثال، در سیستم‌های شبکه برق، پیش‌بینی مصرف انرژی در ساعات مختلف روز می‌تواند به تنظیم بهینه تولید و توزیع برق کمک کند. همچنین، هوش مصنوعی به کمک اینترنت اشیاء (IoT) و دستگاه‌های متصل، قادر است به صورت لحظه‌ای وضعیت مصرف انرژی در خانه‌ها، ساختمان‌ها یا کارخانه‌ها را نظارت کرده و اقداماتی مانند خاموش کردن دستگاه‌ها یا تنظیم دما را به طور خودکار انجام دهد. این قابلیت‌ها می‌توانند به کاهش مصرف انرژی و کاهش هزینه‌ها منجر شوند. استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین نیز به بهینه‌سازی فرآیندها و کاهش مصرف انرژی در صنایع مختلف کمک می‌کند. به عنوان مثال، در صنعت تولید، هوش مصنوعی می‌تواند فرآیندهای تولید را به گونه‌ای تنظیم کند که مصرف انرژی به حداقل برسد، بدون اینکه بر کیفیت محصولات تأثیر بگذارد. این امر می‌تواند در کاهش هزینه‌های تولید و حفظ محیط زیست بسیار مؤثر باشد. (Singha, 2023)

هوش مصنوعی همچنین در بهینه‌سازی مدیریت شبکه‌های انرژی به‌ویژه در شرایط پیچیده و متغیر نقش برجسته‌ای ایفا می‌کند. با توجه به تغییرات مستمر در عرضه و تقاضای انرژی، به ویژه در سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی که به شدت تحت تأثیر شرایط جوی قرار دارند، نیاز به سیستم‌های هوشمند که قادر به تنظیم دقیق و آنی مصرف و توزیع انرژی باشند، بیشتر از همیشه احساس می‌شود. هوش مصنوعی به کمک مدل‌های یادگیری عمیق (Deep Learning) و شبکه‌های عصبی، می‌تواند پیش‌بینی‌هایی دقیق از الگوهای مصرف انرژی در زمان‌های مختلف ارائه دهد. این پیش‌بینی‌ها می‌توانند در تصمیم‌گیری‌های استراتژیک مانند برنامه‌ریزی برای تولید انرژی در ساعات اوج مصرف یا تنظیم سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی مانند باتری‌ها و واحدهای ذخیره‌سازی انرژی تحت فشار قرار گیرند. یکی دیگر از کاربردهای نوین هوش

مصنوعی در بهینه‌سازی مصرف انرژی، استفاده از آن در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند است. خودروهای الکتریکی و سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی که به صورت خودکار به شبکه‌های انرژی متصل هستند، می‌توانند از هوش مصنوعی برای نظارت بر وضعیت باتری، تعیین زمان مناسب برای شارژ و کاهش مصرف انرژی استفاده کنند. علاوه بر این، تحلیل‌های مبتنی بر داده‌های رانندگی و رفتار مصرف‌کنندگان می‌تواند به بهینه‌سازی مسیرها و زمان‌بندی‌های حمل‌ونقل کمک کند تا انرژی کمتری مصرف شود و ترافیک کمتری ایجاد گردد. در سطح شهری، هوش مصنوعی به مدیریت شبکه‌های برق و آب نیز وارد شده است. به عنوان مثال، استفاده از مدل‌های پیش‌بینی هوش مصنوعی در شبکه‌های توزیع برق می‌تواند به شناسایی و اصلاح مشکلات قبل از وقوع بحران‌های بزرگ کمک کند. (رستم زاده دهخوارقانی و همکاران، ۱۴۰۳) این نوع نظارت دقیق و خودکار می‌تواند به شناسایی خرابی‌های زود هنگام و بهبود کارایی شبکه‌های توزیع انرژی کمک کند. دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی می‌توانند از هوش مصنوعی برای توسعه استراتژی‌های سیاست‌گذاری انرژی استفاده کنند. با تجزیه و تحلیل داده‌های کلان از منابع مختلف، می‌توان به ارزیابی دقیق‌تری از اثرات تغییرات سیاسی، اقتصادی و اجتماعی بر مصرف انرژی رسید و سیاست‌های مؤثرتری را در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی تدوین کرد. هوش مصنوعی به عنوان یک ابزار پیشرفته، می‌تواند به طور چشمگیری در بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه‌ها در صنایع مختلف، تسهیل فرایندهای تولید انرژی پایدار و کمک به برنامه‌ریزی بهتر و مؤثرتر در سطح جهانی کمک کند. این تحول می‌تواند به حفظ محیط زیست، کاهش وابستگی به منابع انرژی فسیلی و بهبود کیفیت زندگی افراد در سرتاسر جهان منجر شود. (Pecheniuk et al, 2024)

۲-۴- سیستم‌های خودکار برای مدیریت انرژی

سیستم‌های خودکار برای مدیریت نور، دما و تهویه به عنوان یکی از اجزای کلیدی در خانه‌ها و ساختمان‌های هوشمند، نقشی مهم در بهینه‌سازی مصرف انرژی و ایجاد محیطی راحت و مطلوب دارند. این سیستم‌ها با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته مانند حسگرها، الگوریتم‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیا (IoT) قادر به کنترل و تنظیم خودکار شرایط مختلف محیطی بر اساس نیازها و شرایط خاص هر لحظه هستند. در مورد نور، سیستم‌های خودکار می‌توانند شدت نور را بر اساس زمان روز، حضور افراد در فضا، یا میزان نور طبیعی ورودی تنظیم کنند. به عنوان مثال، در صورت روشن بودن نور طبیعی در طی روز، سیستم به طور خودکار شدت نور مصنوعی را کاهش می‌دهد یا حتی خاموش می‌کند. (قویدل، ۱۴۰۳) همچنین، این سیستم‌ها می‌توانند برای افزایش راحتی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، نور را بر اساس فعالیت‌های مختلف تنظیم کنند؛ به عنوان مثال، در زمان شب یا در مواقعی که افراد از فضا استفاده نمی‌کنند، نورها به طور خودکار خاموش می‌شوند. سیستم‌های خودکار برای مدیریت دما می‌توانند بر اساس الگوهای فعالیت کاربران و شرایط محیطی دما را تنظیم کنند. این سیستم‌ها به طور خودکار گرمایش یا سرمایش فضا را تنظیم کرده و از هدررفت انرژی جلوگیری می‌کنند. به عنوان مثال، سیستم می‌تواند زمانی که همه افراد از فضا خارج می‌شوند، دما را کاهش دهد و سپس به طور خودکار آن را به دمای مطلوب قبل از بازگشت افراد به فضا بازگرداند. این فرآیند می‌تواند شامل تنظیمات پیشرفته مانند یادگیری رفتارهای کاربران و تطبیق با آن‌ها باشد تا حداکثر راحتی و حداقل مصرف انرژی حاصل شود. سیستم‌های خودکار می‌توانند کیفیت هوا را از طریق حسگرهای رطوبت، دی‌اکسید کربن و دیگر آلاینده‌ها نظارت کرده و به طور خودکار سرعت تهویه را تنظیم کنند. (Ha et al, 2020) این سیستم‌ها می‌توانند زمانی که کیفیت هوا پایین می‌آید، تهویه را افزایش دهند و در مواقعی که کیفیت هوا مطلوب است، آن را کاهش دهند. این امر موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ محیطی سالم می‌شود. در مجموع، این سیستم‌های خودکار نه تنها موجب بهبود راحتی و سلامت افراد می‌شوند، بلکه به طور قابل توجهی به کاهش مصرف انرژی و بهینه‌سازی منابع کمک می‌کنند. با استفاده از این فناوری‌ها، ساختمان‌ها می‌توانند به سطح بالاتری از بهره‌وری انرژی دست یابند و در عین حال شرایط محیطی مطلوب‌تری برای ساکنان فراهم کنند. (عدل محمدی، ۱۳۸۶)

۲-۵- ساختمان هوشمند

ساختمان هوشمند به ساختمانی اطلاق می‌شود که با استفاده از فناوری‌های پیشرفته، تجهیزات و سیستم‌های مختلف خود را به‌صورت یکپارچه و هوشمندانه کنترل می‌کند. هدف اصلی این نوع ساختمان‌ها افزایش بهره‌وری، راحتی و امنیت برای ساکنان است. سیستم‌های مختلف مانند سیستم‌های روشنایی، تهویه، گرمایش، امنیت و انرژی به‌طور خودکار و با استفاده از حسگرها، دستگاه‌های هوشمند و نرم‌افزارهای خاص مدیریت می‌شوند. (Hajam et al, 2024) این سیستم‌ها قادرند به‌طور مستقل و یا از طریق دستورات صادرشده توسط کاربران، نیازهای مختلف ساختمان را به بهترین نحو ممکن پاسخ دهند. یکی از ویژگی‌های برجسته ساختمان‌های هوشمند، توانایی کنترل از راه دور است. ساکنان یا مدیران ساختمان می‌توانند بسیاری از عملکردهای آن را از طریق اپلیکیشن‌ها یا سیستم‌های مرکزی و از هر مکانی کنترل کنند. به‌عنوان مثال، می‌توانند دما را تنظیم کنند، روشنایی‌ها را تغییر دهند، یا وضعیت امنیتی ساختمان را بررسی کنند. این امکان به کاربران اجازه می‌دهد تا حتی زمانی که در خانه نیستند، از وضعیت ساختمان خود مطلع باشند و در صورت لزوم اقدامات لازم را انجام دهند. سیستم‌های هوشمند در ساختمان‌های مدرن معمولاً به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که نه تنها کارایی بالایی داشته باشند، بلکه به‌طور بهینه از منابع انرژی استفاده کنند. به‌عنوان مثال، سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع می‌توانند بر اساس دمای محیط و حضور افراد در فضا، به‌طور خودکار تنظیم شوند. همچنین، سیستم‌های روشنایی می‌توانند بر اساس شدت نور طبیعی محیط یا حرکت افراد در فضا، روشن یا خاموش شوند که این امر موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود. (صداقتی و همکاران، ۱۴۰۲)

۲-۶- مزایای ساختمان هوشمند

ساختمان هوشمند به ساختمان‌هایی اطلاق می‌شود که از فناوری‌های پیشرفته برای مدیریت خودکار و بهینه سیستم‌های مختلف استفاده می‌کنند. یکی از مزایای برجسته ساختمان‌های هوشمند، افزایش بهره‌وری انرژی است. این ساختمان‌ها با استفاده از سیستم‌های هوشمند مانند حسگرها و نرم‌افزارهای مدیریتی، مصرف انرژی را بهینه می‌کنند. برای مثال، سیستم‌های گرمایش و سرمایش به‌طور خودکار و بر اساس شرایط محیطی و نیازهای ساکنان تنظیم می‌شوند که این باعث کاهش مصرف انرژی و صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌شود. همچنین، سیستم‌های روشنایی هوشمند بر اساس حضور افراد و شدت نور طبیعی، میزان روشنایی را تنظیم می‌کنند که علاوه بر کاهش مصرف انرژی، محیطی راحت و پایدار ایجاد می‌کنند. امنیت یکی دیگر از مزایای قابل توجه ساختمان‌های هوشمند است. (طاهری، ۱۴۰۲) این ساختمان‌ها از سیستم‌های امنیتی پیشرفته‌ای مانند دوربین‌های مداربسته هوشمند، حسگرهای حرکتی، دزدگیرها و کنترل دسترسی استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها به‌طور خودکار تهدیدات را شناسایی کرده و به ساکنان یا مدیریت ساختمان هشدار می‌دهند. همچنین، امکان کنترل از راه دور تجهیزات امنیتی وجود دارد، به‌طوری که حتی زمانی که افراد در منزل نیستند، می‌توانند از وضعیت امنیتی ساختمان آگاه شوند و اقدامات لازم را انجام دهند. این نوع سیستم‌ها موجب افزایش آرامش خاطر و کاهش خطرات احتمالی برای ساکنان می‌شوند. راحتی و آسایش یکی دیگر از مزایای مهم ساختمان‌های هوشمند است. این ساختمان‌ها با امکاناتی همچون سیستم‌های صوتی و تصویری هوشمند، تهویه مطبوع و گرمایش خودکار، به ساکنان این امکان را می‌دهند که شرایط محیطی منزل خود را به‌طور دلخواه و به‌صورت اتوماتیک تنظیم کنند. همچنین، بسیاری از این ساختمان‌ها به سیستم‌های دستیار صوتی مجهز هستند که به افراد امکان می‌دهند تا تنها با فرمان صوتی، روشنایی، دما و سایر تجهیزات خانه را کنترل کنند. (Gunputh et al, 2017) این سطح از خودکارسازی و راحتی باعث می‌شود که زندگی در ساختمان‌های هوشمند بسیار راحت‌تر و لذت‌بخش‌تر باشد. علاوه بر این، ساختمان‌های هوشمند به‌دلیل قابلیت کنترل از راه دور، امنیت بیشتری را برای ساکنان به ارمغان می‌آورند. از آنجا که بسیاری از سیستم‌ها مانند سیستم‌های روشنایی، امنیتی و تهویه قابل کنترل از طریق تلفن همراه یا اپلیکیشن‌های مخصوص هستند، ساکنان می‌توانند از هر مکانی، از جمله محل کار یا سفر، به راحتی وضعیت خانه خود را بررسی کنند و در صورت نیاز، تغییراتی اعمال کنند. این ویژگی به افراد کمک می‌کند تا در هر شرایطی از خانه خود آگاه باشند و از وقوع مشکلات یا تهدیدات احتمالی جلوگیری کنند. در نهایت، ساختمان‌های هوشمند باعث افزایش ارزش

ملک می‌شوند. با توجه به رشد روزافزون تکنولوژی و علاقه مردم به زندگی در محیط‌های هوشمند، این نوع ساختمان‌ها در بازار املاک به‌عنوان یک مزیت رقابتی شناخته می‌شوند. ساختمان‌هایی که از فناوری‌های پیشرفته برای بهبود کیفیت زندگی ساکنان استفاده می‌کنند، معمولاً به‌عنوان ساختمان‌هایی با استانداردهای بالاتر شناخته می‌شوند که می‌توانند قیمت بالاتری در بازار داشته باشند. این موضوع به‌ویژه برای سرمایه‌گذاران و مالکان املاک اهمیت زیادی دارد، چرا که این نوع ساختمان‌ها نه تنها در زمان فروش، بلکه در طول مدت استفاده نیز ارزش افزوده زیادی ایجاد می‌کنند. (خدادادی چمگردانی، ۱۴۰۱)

۲-۷- معایب ساختمان هوشمند

ساختمان‌های هوشمند با وجود مزایای فراوانی که دارند، معایبی نیز به همراه دارند که باید مورد توجه قرار گیرند. یکی از معایب اصلی این نوع ساختمان‌ها هزینه‌های بالای راه‌اندازی و نگهداری است. نصب و راه‌اندازی سیستم‌های هوشمند نیازمند تجهیزات پیشرفته و تخصصی است که این امر باعث افزایش هزینه‌های اولیه می‌شود. علاوه بر این، نگهداری و تعمیرات این سیستم‌ها نیز هزینه‌بر است، زیرا فناوری‌های پیچیده نیاز به خدمات تخصصی دارند که ممکن است برای مالکان و ساکنان هزینه‌ساز باشند. به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، هزینه‌های بالا می‌تواند مانع از پذیرش گسترده این نوع ساختمان‌ها شود. یکی دیگر از مشکلات ساختمان‌های هوشمند وابستگی زیاد به فناوری است. (Ghansah et al, 2021) این ساختمان‌ها به‌طور کلی به اینترنت و سیستم‌های دیجیتال متکی هستند و در صورتی که این سیستم‌ها با مشکل مواجه شوند یا به دلایلی از کار بیفتند، ممکن است بسیاری از امکانات ساختمان غیرقابل دسترس شوند. به‌عنوان مثال، در صورت قطع شدن اینترنت یا خرابی نرم‌افزارهای مدیریتی، سیستم‌های گرمایش، سرمایش یا امنیتی به‌درستی عمل نکرده و ممکن است مشکلات جدی ایجاد شود. این وابستگی به فناوری، به‌ویژه در شرایطی که مشکلات فنی یا نرم‌افزاری بروز می‌کند، می‌تواند دردسرساز باشد. همچنین، مشکلات امنیتی از دیگر معایب مهم ساختمان‌های هوشمند به‌شمار می‌روند. هرچند این ساختمان‌ها به‌خاطر سیستم‌های پیشرفته امنیتی طراحی شده‌اند، اما در عین حال به‌دلیل استفاده از فناوری‌های اینترنتی، ممکن است در معرض حملات سایبری قرار گیرند. هکرها می‌توانند با دسترسی به سیستم‌های هوشمند ساختمان، کنترل آن‌ها را به‌دست بگیرند و به اطلاعات حساس ساکنان دسترسی پیدا کنند. (خدادادی چمگردانی، ۱۴۰۱) از این رو، نیاز به سیستم‌های امنیتی بسیار پیشرفته و پروتکل‌های حفاظتی قوی‌تر احساس می‌شود. به‌ویژه در صورتی که سیستم‌های امنیتی به‌طور خودکار و از راه دور قابل کنترل باشند، ممکن است در صورت بروز آسیب‌پذیری‌های امنیتی، تهدیدات جدی برای ساکنان به‌وجود آید. از دیگر معایب این ساختمان‌ها می‌توان به مشکلات مربوط به تعامل و سازگاری بین سیستم‌های مختلف اشاره کرد. بسیاری از سیستم‌های هوشمند در بازار ممکن است استانداردهای متفاوتی داشته باشند و این امر می‌تواند باعث مشکلاتی در هماهنگی و ارتباط بین آن‌ها شود. به‌طور مثال، ممکن است یک سیستم گرمایش با سیستم روشنایی یا امنیتی ساختمان هماهنگ نباشد و این مشکل باعث عملکرد نامناسب یا بروز اختلال در سیستم‌ها گردد. (Osunsanmi et al, 2022) این ناهماهنگی‌ها ممکن است باعث شود که ساختمان هوشمند به‌طور مؤثر عمل نکند و تجربه استفاده از آن برای ساکنان ناخوشایند باشد. در نهایت، یکی از معایب مهم ساختمان‌های هوشمند وابستگی به مهارت‌های خاص است. برای استفاده از بسیاری از ویژگی‌های این ساختمان‌ها، ساکنان نیاز به دانش فنی و آگاهی از نحوه عملکرد سیستم‌ها دارند. اگر کاربران نتوانند به‌درستی از این سیستم‌ها استفاده کنند، ممکن است عملکرد سیستم‌ها به‌طور مؤثر کاهش یابد یا حتی مشکلاتی به‌وجود آید. به‌علاوه، آموزش و پشتیبانی فنی برای استفاده از این ساختمان‌ها می‌تواند زمان‌بر و هزینه‌بر باشد که ممکن است باعث محدودیت استفاده و بهره‌وری از امکانات موجود شود. (Pavitha, 2024)

۲-۸- هوش مصنوعی و طراحی محیطی

هوش مصنوعی (AI) به مجموعه‌ای از فناوری‌ها و سیستم‌های کامپیوتری اطلاق می‌شود که قادر به انجام وظایف هوشمندانه‌ای هستند که معمولاً به انسان‌ها نیاز دارند. این وظایف شامل یادگیری از داده‌ها، تصمیم‌گیری خودکار، پردازش زبان طبیعی،

شناسایی الگوها، تحلیل و حل مسائل پیچیده است. هوش مصنوعی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود: هوش مصنوعی ضعیف (Narrow AI) که برای انجام یک وظیفه خاص طراحی شده و هوش مصنوعی قوی (General AI) که می‌تواند به طور مستقل و انعطاف‌پذیر در وظایف مختلف عمل کند. (Ang et al, 2023) در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه هوش مصنوعی، به‌ویژه در حوزه‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی، موجب تغییرات بزرگ در صنایع مختلف مانند بهداشت، حمل‌ونقل، مالی و تولید شده است. طراحی محیطی نیز به مجموعه‌ای از فرایندها و اقدامات اطلاق می‌شود که هدف آن‌ها ایجاد فضایی مطلوب و کارآمد برای استفاده انسان‌ها است. این طراحی می‌تواند شامل طراحی فضای داخلی ساختمان‌ها، فضاهای شهری، مناظر طبیعی و حتی فضای دیجیتال باشد. در طراحی محیطی، توجه به جنبه‌های روان‌شناختی، اجتماعی، فرهنگی و فنی بسیار حائز اهمیت است. برای مثال، در طراحی فضای داخلی یک ساختمان، طراح باید به نحوه نورپردازی، تهویه، دسترسی، کاربردی بودن فضاها و راحتی کاربران توجه کند. همچنین در طراحی محیط‌های شهری، عواملی مانند ایجاد فضاهای عمومی، مسیرهای پیاده‌روی، پارک‌ها و ارتباط بین ساختمان‌ها و طبیعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هوش مصنوعی و طراحی محیطی می‌توانند به‌طور هم‌زمان با هم ترکیب شوند تا محیط‌های هوشمندتری خلق کنند. (کاظمی سهلوانی، ۱۴۰۳) به عنوان مثال، در طراحی خانه‌های هوشمند، از هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی، مدیریت دما و حتی پیش‌بینی نیازهای کاربران استفاده می‌شود. همچنین در طراحی شهری، با استفاده از تحلیل داده‌های بزرگ و هوش مصنوعی می‌توان به طراحی فضاهایی پرداخت که ترافیک را کاهش دهند، کیفیت هوا را بهبود بخشند و تجربه‌های شهری را برای ساکنان بهبود دهند. به این ترتیب، ترکیب هوش مصنوعی با طراحی محیطی می‌تواند به ایجاد فضاهایی منجر شود که علاوه بر کارایی و راحتی، به تعامل بهینه بین انسان‌ها و محیط زیست کمک کند. (Farzaneh et al, 2021)

۲-۹- ویژگی‌های هوش مصنوعی و طراحی محیطی

هوش مصنوعی (AI) و طراحی محیطی به‌طور فزاینده‌ای در حال ترکیب شدن برای خلق فضاهای هوشمندتر و کارآمدتر هستند. هوش مصنوعی به سیستم‌های کامپیوتری اطلاق می‌شود که قادر به انجام وظایفی هستند که نیاز به هوش انسانی دارند، مانند یادگیری از داده‌ها، تحلیل و پیش‌بینی الگوها و تصمیم‌گیری خودکار. در حالی که طراحی محیطی به فرایندهای مهندسی و خلاقانه‌ای اشاره دارد که به منظور ساخت و بهینه‌سازی فضاهایی طراحی شده‌اند که پاسخ‌گوی نیازهای انسان‌ها باشند، از جمله فضاهای داخلی، شهری و حتی فضاهای دیجیتال. (Li, 2021) این دو حوزه می‌توانند به یکدیگر کمک کنند تا محیط‌هایی هوشمندتر، انعطاف‌پذیرتر و متناسب با نیازهای کاربران ایجاد شوند. در دنیای مدرن، هوش مصنوعی توانسته است تأثیر زیادی بر طراحی محیطی بگذارد. (کاظمی سهلوانی، ۱۴۰۳) طراحی محیطی که از هوش مصنوعی بهره می‌برد، به‌طور کلی نه تنها راحتی و بهره‌وری را افزایش می‌دهد، بلکه به شکل بهینه‌تری از منابع استفاده می‌کند و به محیط زیست آسیب کمتری وارد می‌کند. یکی دیگر از کاربردهای هوش مصنوعی در طراحی محیطی، در زمینه محیط‌های شهری و عمومی است. استفاده از سنسورها و داده‌های بزرگ در ترکیب با هوش مصنوعی می‌تواند به ایجاد فضاهایی با قابلیت تطبیق‌پذیری بالا کمک کند که پاسخ‌گوی نیازهای ساکنان باشند. به‌عنوان مثال، سیستم‌های هوشمند می‌توانند در ساعات اوج ترافیک مسیرهای بهینه برای عبور و مرور پیشنهاد دهند یا حتی از طریق مانیتورینگ هوشمند به بهبود کیفیت هوا در مناطق پرجمعیت کمک کنند. (Allam et al, 2019) این بهینه‌سازی‌ها می‌توانند تجربه‌های شهری را برای ساکنان جذاب‌تر و کمتر تنش‌زا کنند، در حالی که از منابع شهری نیز به شکلی پایدارتر استفاده می‌شود. در نهایت، ترکیب هوش مصنوعی با طراحی محیطی نه تنها باعث بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها می‌شود، بلکه به‌طور کلی می‌تواند به ارتقاء هماهنگی بین انسان و محیط زیست کمک کند. به کمک این ترکیب، می‌توان فضاهایی خلق کرد که به‌طور مداوم به نیازهای متغیر انسان‌ها پاسخ دهند، در عین حال که بهره‌وری انرژی و استفاده از منابع به شکل بهینه‌تری صورت می‌گیرد. از این‌رو، این هم‌افزایی می‌تواند به‌طور چشمگیری به توسعه محیط‌های هوشمند و پایدار در آینده کمک کند. (Leung et al, 2019)

۳- بحث و نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی (AI) به عنوان یک فناوری نوین و پیشرفته در سال‌های اخیر وارد بسیاری از حوزه‌ها و صنایع شده است. یکی از این حوزه‌ها، معماری پایدار و طراحی محیطی است. در این زمینه، هوش مصنوعی قادر است به بهبود فرآیند طراحی، تحلیل عملکرد ساختمان‌ها، بهینه‌سازی منابع و مدیریت انرژی کمک کند. استفاده از هوش مصنوعی در معماری پایدار نه تنها به کاهش اثرات زیست‌محیطی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به طراحی فضاهایی با کاربری بهینه و مصرف انرژی کمتر منجر شود. یکی از جنبه‌های کلیدی استفاده از هوش مصنوعی در معماری پایدار، بهینه‌سازی مصرف انرژی است. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند رفتار ساختمان‌ها را در شرایط مختلف آب‌وهوایی پیش‌بینی کرده و بهترین شیوه‌های طراحی را برای کاهش مصرف انرژی و بهره‌وری بالاتر تعیین کنند. این الگوریتم‌ها می‌توانند به طور خودکار، جزئیات طراحی را تغییر دهند و بهینه‌ترین ترکیب مواد، شکل ساختمان و نوع سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی را پیشنهاد دهند. به‌ویژه در طراحی‌های پیچیده، جایی که شرایط محیطی و نیازهای کاربران به طور مستمر تغییر می‌کند، هوش مصنوعی می‌تواند نقش مهمی در ایجاد تعادل بین عملکرد و صرفه‌جویی در مصرف انرژی ایفا کند. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند در شبیه‌سازی و مدل‌سازی سه‌بعدی برای تحلیل تأثیرات مختلف طراحی‌ها بر محیط زیست استفاده شود. با بهره‌گیری از داده‌های جمع‌آوری شده از سنسورها و مدل‌های شبیه‌سازی، معماران می‌توانند محیط‌های معماری با کارایی بالاتر طراحی کنند که در عین حفظ کارایی انرژی، راحتی و سلامت ساکنین را نیز بهبود بخشند. به‌طور خاص، الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند از داده‌های گذشته برای پیش‌بینی اثرات محیطی و اجتماعی طرح‌ها استفاده کنند. از دیگر کاربردهای هوش مصنوعی در معماری پایدار، طراحی هوشمند فضای داخلی است. هوش مصنوعی می‌تواند به بهینه‌سازی فضای داخلی ساختمان‌ها از طریق تحلیل رفتار انسان‌ها در داخل فضاها کمک کند. به عنوان مثال، سیستم‌های هوشمند قادر به شناسایی نیازهای کاربران به طور لحظه‌ای و تنظیم شرایط دما، نور و تهویه به گونه‌ای که راحتی بیشتری را برای ساکنین فراهم کنند، هستند. این امر باعث می‌شود که مصرف انرژی به حداقل برسد و همچنین محیط زیست به صورت پایدار حفظ شود. در نتیجه، استفاده از هوش مصنوعی در معماری پایدار و طراحی محیطی نه تنها می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌ها و بهینه‌سازی مصرف منابع شود، بلکه می‌تواند به طراحی فضاهایی کمک کند که نه تنها از لحاظ عملکردی بهینه هستند، بلکه به سلامت، رفاه و راحتی ساکنین نیز توجه ویژه‌ای دارند. به این ترتیب، هوش مصنوعی به ابزاری ضروری در مسیر حرکت به سوی معماری پایدار تبدیل شده است. این رویکرد می‌تواند نقشی کلیدی در تحقق اهداف زیست‌محیطی جهانی و توسعه پایدار ایفا کند.

منابع

۱. جهان بخشی دهکردی، اکرم، رستمیان، علیرضا (۱۴۰۳) روش‌های نوین سرمایش و گرمایش و نقش آن در مدیریت مصرف انرژی، دومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در برق، کامپیوتر و مکانیک، ص ۶-۱
۲. حمیدی، محمدمهدی (۱۴۰۳) مروری بر کاربرد هوش مصنوعی در حمل و نقل شهری و مدیریت ترافیک، هشتمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در علوم و مهندسی، ص ۱-۱۰
۳. خدادادی چمگردانی، مهشاد، ۱۴۰۱، بررسی مزایا و معایب خانه‌های هوشمند، دومین کنفرانس بین‌المللی معماری، عمران، شهرسازی، محیط زیست و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب، تبریز، ص ۹-۱
۴. دانیالی، هستی، زنگنه، سمانه (۱۴۰۳) تأثیر معماری سبز در ایجاد محیط زیست پایدار، دومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی و فناوری اطلاعات، ص ۱-۱۱
۵. داوری نژاد، مسعود و مبعوث، محمدرضا، ۱۳۸۸، راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان با رویکرد معماری پایدار، اولین همایش معماری پایدار، ص ۱-۱۱
۶. رستم زاده دهخوارقانی، بابک، ۱۴۰۳، کاربرد‌های استفاده از هوش مصنوعی و فناوری‌های نوین در حمل و نقل و ترافیک در شهرداری‌ها، بیست و چهارمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، شیروان، ص ۱-۱۱

۷. صداقتی، عباس و سیدعلوی، سیدمیلاد و علیزاده ولی ثانی، وحید، ۱۴۰۲، طراحی خانه هوشمند با رویکرد معماری پایدار و به کارگیری تکنولوژی در جهت هوشمند سازی کنترل مصرف انرژی، دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوری های نوین در حوزه توسعه پایدار ایران، تهران، ص ۱-۱۰
۸. طاهری، محمد، ۱۴۰۲، بررسی مزایای هوشمند سازی ساختمان ها و تاثیراتش بر زندگی ساکنان آنها، هفتمین همایش ملی افق های نوین در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، تهران، ص ۱-۷
۹. عدل محمدی، محسن، ۱۳۸۶، حفاظت از محیط زیست و صرفه جویی در انرژی با استفاده از بازیافت مواد، کنفرانس سراسری بهینه سازی مصرف انرژی، مشهد، ص ۱-۷
۱۰. قویدل، مسعود، ۱۴۰۳، سیستم های مدیریت ساختمان (ساختمان های هوشمند)، بیست و پنجمین کنفرانس ملی مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک، شیروان، ص ۱-۱۷
۱۱. کاظمی سهلوانی، زهرا، ۱۴۰۳، طراحی محیط های یادگیری مبتنی بر هوش مصنوعی، دومین کنگره بین المللی علوم، مهندسی و فن آوری های نو، ص ۱-۵

1. Abd El-Maksoud, N. M., & Ahmed, E. B. (2024). Artificial intelligence applications in green architecture. *Fayoum University Journal of Engineering*, 7(2), 317-337.
2. Allam, Z., & Dhunny, Z. A. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. *Cities*, 89, 80-91.
3. Andrei, M., & Johnsson, S. (2025). Advancing maturity in the adoption of digital technologies for energy efficiency in manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 36(9), 114-133.
4. Ang, T. L., Choolani, M., See, K. C., & Poh, K. K. (2023). The rise of artificial intelligence: addressing the impact of large language models such as ChatGPT on scientific publications. *Singapore medical journal*, 64(4), 219-221.
5. Ayoola, V. B., Idoko, P. I., Danquah, E. O., Ukpoju, E. A., Obasa, J., Otakwu, A., & Enyejo, J. O. (2024). Optimizing Construction Management and Workflow Integration through Autonomous Robotics for Enhanced Productivity Safety and Precision on Modern Construction Sites. *International Journal of Scientific Research and Modern Technology (IJSRMT)*, 3(10).
6. Dabaieh, M., Maguid, D., & El-Mahdy, D. (2021). Circularity in the new gravity—Rethinking vernacular architecture and circularity. *Sustainability*, 14(1), 328.
7. Farzaneh, H., Malehmirchegini, L., Bejan, A., Afolabi, T., Mulumba, A., & Daka, P. P. (2021). Artificial intelligence evolution in smart buildings for energy efficiency. *Applied Sciences*, 11(2), 763.
8. Ghansah, F. A., Owusu-Manu, D. G., Ayarkwa, J., Edwards, D. J., & Hosseini, M. R. (2021). Exploration of latent barriers inhibiting project management processes in adopting smart building technologies (SBTs) in the developing countries. *Construction Innovation*, 21(4), 685-707.
9. Gunpath, S., Murdan, A. P., & Oree, V. (2017, May). Design and implementation of a low-cost Arduino-based smart home system. In *2017 IEEE 9th international conference on communication software and networks (ICCSN)* (pp. 1491-1495). IEEE.
10. Ha, Q. P., Metia, S., & Phung, M. D. (2020). Sensing data fusion for enhanced indoor air quality monitoring. *IEEE Sensors Journal*, 20(8), 4430-4441.
11. Hajam, A. A., Sania, U., & Deshpande, S. C. (2024). IOT-ENABLED SMART BUILDINGS: ADVANCEMENTS IN ENERGY MANAGEMENT AND SECURITY SYSTEMS IN URBAN INFRASTRUCTURE. *International Journal of Innovation in Engineering*, 4(2), 20-29.

12. Iwuanyanwu, O., Gil-Ozoudeh, I., Okwandu, A. C., & Ike, C. S. (2024). The role of green building materials in sustainable architecture: Innovations, challenges, and future trends. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 6(8), 1935-1950.
13. Jujjuvarapu, R. K., & Gaddala, S. C. (2024, September). Data Science Applications in IoT for Electric Vehicles: Leveraging Artificial Intelligence and Machine Learning. In *2024 3rd International Conference for Advancement in Technology (ICONAT)* (pp. 1-6). IEEE.
14. Leung, C. K., Braun, P., & Cuzzocrea, A. (2019). AI-based sensor information fusion for supporting deep supervised learning. *Sensors*, 19(6), 1345.
15. Li, Y. (2021). [Retracted] Intelligent Environmental Art Design Combining Big Data and Artificial Intelligence. *Complexity*, 2021(1), 1606262.
16. Osunsanmi, T. O., Aigbavboa, C. O., Oke, A., & Onyia, M. E. (2022). Making a case for smart buildings in preventing corona-virus: focus on maintenance management challenges. *International journal of construction management*, 22(16), 3109-3118.
17. Pavitha, N., Savithramma, R. M., Ashwini, B. P., Mankawade, A., Naik, Y., & Bedmutha, Y. (2024, October). Intelligent Predictive Maintenance for Smart Building Systems. In *2024 2nd International Conference on Self Sustainable Artificial Intelligence Systems (ICSSAS)* (pp. 1178-1183). IEEE.
18. Pecheniuk, A., & Pecheniuk, V. (2024). PROSPECTS FOR THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO IMPROVE ENERGY SAVING IN THE CONDITIONS OF UKRAINE. *INNOVATIVE ECONOMY*, (2), 46-52.
19. Salameh, M., & Touqan, B. (2023). From heritage to sustainability: The future of the past in the hot arid climate of the UAE. *Buildings*, 13(2), 418.
20. Singha, N. S. (2023, September). Battery Management System Health Monitoring Using Artificial Intelligence. In *2023 International Conference on Sustainable Emerging Innovations in Engineering and Technology (ICSEIET)* (pp. 31-35). IEEE.
21. Tzortzis, A. M., Kormpakis, G., Pelekis, S., Michalitsi-Psarrou, A., Karakolis, E., Ntanos, C., & Askounis, D. (2024). AI4EF: Artificial Intelligence for Energy Efficiency in the Building Sector. *arXiv preprint arXiv:2412.04045*.
22. Widodo, S., & Susan, S. (2024). Utilization of artificial intelligence for sustainable building architecture. *Aksen: Journal of Design and Creative Industry*, 8(3).
23. Yadav, M., & Singh, G. (2023). Environmental sustainability with artificial intelligence. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*, 9(5), 213-217.
24. Yu, Y. (2024). Sustainable building practices: From construction to maintenance. *Applied and Computational Engineering*, 66, 249-254.

Artificial Intelligence in Sustainable Architecture and Environmental Design

Hamid Rahankia

Bachelor of Architecture, Hekmat Institute of Higher Education, Qom, Iran

Abstract

This study examines the applications of artificial intelligence in sustainable architecture and environmental design. Using a review and library research method, various scientific and research sources on the effects of artificial intelligence on sustainable design have been collected and analyzed. The main goal of this study is to identify how artificial intelligence can be used to optimize energy consumption, analyze environmental impacts, and design the interior of buildings. The results show that artificial intelligence can help designers and architects predict the behavior of buildings in different environmental conditions and optimize architectural designs. Machine learning algorithms can automatically adjust temperature, light, and ventilation conditions and reduce energy consumption by analyzing data collected from sensors. In addition, artificial intelligence can be used in 3D modeling and simulating the various effects of designs on the environment. This technology can also help design smart and optimal interior spaces so that the needs of residents are identified in real time and optimal environmental conditions are adjusted. Ultimately, artificial intelligence, as an effective tool in sustainable architecture, not only helps optimize resource consumption and reduce costs, but also leads to the creation of spaces with better usability and greater comfort for residents.

Keywords: Artificial intelligence, sustainable architecture, smart systems, energy management
