



فصلنامه تخصصی عمران سیداد

سال اول، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۴

صاحب امتیاز:	مرکز آموزش عالی علمی کاربردی غیر دولتی دره شهر یک
مدیر مسئول:	مهندس مجتبی رشیدنهل
سر دبیر:	مهندس مجتبی رشیدنهل
مدیر اجرایی:	مهندس رودابه نجمایی
کارشناس:	مهندس شبنم خزرایی
نشانی دفتر نشریه:	تهران، خیابان قائم مقام فراهانی، پلاک ۱۸۶، طبقه ۲، واحد ۲۲
تلفن:	۸۶۰۴۶۲۰۰ _ ۰۲۱ (داخلی ۱۱۲)
فکس:	۸۶۰۴۶۲۰۰ _ ۰۲۱
سامانه:	www.journal.sidad.ir
رایانامه:	journal@sidad.ir

فهرست

عنوان	صفحه
درباره نشریه سیداد:	۳
اهداف و چشم انداز:	۳
اعضا هیات تحریریه:	۴
هوش مصنوعی چگونه مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی را مدیریت می‌کند؟	۵
گرافیک محیطی و تجربه کاربر در محیط شهری	۱۶
نقش زنان در توسعه پایدار صنعت ساختمان	۳۱
مرمت و کاشی کاری تزئینی	۳۷
مصاحبه اختصاصی	۵۱

درباره نشریه سیداد:

نشریه تخصصی سیداد با تمرکز بر حوزه عمران و ساخت‌وساز، به‌عنوان مرجعی علمی و کاربردی، به بررسی و تحلیل چالش‌های فنی، حقوقی، مدیریتی و اجرایی پروژه‌های عمرانی می‌پردازد. این نشریه با بهره‌گیری از دیدگاه‌ها و تجربیات کارشناسان رسمی، اساتید دانشگاه و متخصصان صنعت، جدیدترین رویکردها، استانداردها، مطالعات موردی و تحلیل‌های تخصصی را ارائه می‌دهد و با هدف ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری، کاهش ریسک و توسعه دانش حرفه‌ای، پلی مؤثر میان دانش نظری و تجربه عملی در صنعت عمران ایجاد می‌کند.

اهداف و چشم‌انداز:

نشریه تخصصی سیداد با هدف ارتقای سطح دانش حرفه‌ای در حوزه عمران و ساختمان، به دنبال ایجاد بستری معتبر برای تبادل دانش میان کارشناسان، مهندسان، پژوهشگران و فعالان صنعت ساخت‌وساز است. این نشریه تلاش می‌کند با انتشار تحلیل‌های تخصصی، مطالعات موردی، مقالات علمی-کاربردی و بررسی ضوابط و استانداردها، به بهبود کیفیت تصمیم‌گیری فنی و مدیریتی، کاهش ریسک پروژه‌ها و افزایش شفافیت در فرآیندهای اجرایی و کارشناسی کمک کند. همچنین، حمایت از تولید محتوای اصیل، مستند و مبتنی بر تجربه‌های واقعی پروژه‌های عمرانی از اهداف اصلی این نشریه به شمار می‌آید.

چشم‌انداز نشریه سیداد

چشم‌انداز نشریه سیداد تبدیل شدن به یکی از مراجع معتبر و اثرگذار در حوزه عمران و ساختمان در سطح کشور است؛ مرجعی که به‌عنوان پل ارتباطی میان دانش دانشگاهی، تجربه‌های میدانی و نیازهای واقعی صنعت عمل می‌کند. سیداد در افق پیش‌رو، با تمرکز بر نوآوری، فناوری‌های نوین، هوشمندسازی ساخت‌وساز و رویکردهای پایدار، می‌کوشد نقش مؤثری در توسعه حرفه‌ای مهندسان و ارتقای استانداردهای صنعت ساختمان ایفا کند و به مرجعی قابل اعتماد برای تصمیم‌سازان، مدیران پروژه و کارشناسان رسمی بدل شود.

اعضا هیات تحریریه			
ردیف	نام	سمت	ایمیل
۱	مجتبی رشیدنهل	سردبیر	m.rashidnahal@yahoo.com
۲	مجتبی رشیدنهل	مدیر مسئول	m.rashidnahal@yahoo.com
۳	رودابه نجمائی	مدیر اجرایی	Roudabehnajmaei@gmail.com
۴	حمید علیمحمدی	هیات تحریریه	Alimohammadi.ha@gmail.com
۵	شبنم خزرای	کارشناس	shabnamkhazraei@gmail.com

هوش مصنوعی چگونه مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی را مدیریت می‌کند؟

بررسی سازوکارها، کاربردها و پیامدهای معماری پایدار



تهیه کننده: مهندس رودابه نجمائی لبنانی

کارشناس ارشد معماری

عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان تهران

موضوع مدیریت مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی به یکی از چالش‌های اصلی توسعه پایدار در قرن بیست و یکم تبدیل شده است. رشد شهرنشینی، افزایش تقاضای انرژی و وابستگی به سوخت‌های فسیلی سبب شده بخش ساختمان سهم قابل توجهی از مصرف انرژی جهانی را به خود اختصاص دهد. در این میان، پیشرفت‌های اخیر در حوزه هوش مصنوعی و تحلیل داده‌ها امکان مدیریت هوشمند انرژی را فراهم کرده است. فناوری‌های مبتنی بر یادگیری ماشین و سیستم‌های هوش مصنوعی قادرند الگوهای مصرف انرژی را تحلیل کرده و عملکرد تجهیزات ساختمانی را بهینه‌سازی کنند. این مقاله با تمرکز بر ساختمان‌های مسکونی تلاش می‌کند سازوکارهای اصلی استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت مصرف انرژی را بررسی کند. همچنین ارتباط میان این فناوری‌ها و اصول معماری پایدار تحلیل می‌شود. در این چارچوب، سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و روش‌های کنترل تطبیقی مورد بررسی قرار می‌گیرند. هدف نهایی پژوهش ارائه تصویری جامع از ظرفیت‌های هوش مصنوعی برای کاهش مصرف انرژی، افزایش بهره‌وری و ارتقای کیفیت محیط داخلی ساختمان است.

چکیده

در حوزه مدیریت انرژی ساختمان، استفاده از هوش مصنوعی به عنوان رویکردی نوین برای تحلیل داده‌های مصرف انرژی و بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌های ساختمانی مطرح شده است. این پژوهش با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی و مرور منابع علمی معتبر، به بررسی نقش الگوریتم‌های هوش مصنوعی در مدیریت مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی می‌پردازد. نتایج مطالعات نشان می‌دهد استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری تقویتی در کنترل سیستم‌های گرمایش، سرمایش و روشنایی می‌تواند به کاهش قابل توجه مصرف انرژی منجر شود. علاوه بر این، سیستم‌های مبتنی بر تشخیص حضور و پیش‌بینی رفتار کاربران قادرند عملکرد تجهیزات ساختمانی را متناسب با شرایط واقعی تنظیم کنند. یافته‌ها نشان می‌دهد که ترکیب فناوری‌های هوشمند با اصول معماری پایدار می‌تواند مسیر طراحی ساختمان‌های کم‌مصرف و هوشمند را هموار کند. در نهایت، مقاله بر اهمیت توسعه زیرساخت‌های داده، استانداردهای فنی و سیاست‌های حمایتی برای گسترش این فناوری‌ها تأکید می‌کند.

مقدمه

در سال‌های اخیر، افزایش مصرف انرژی در بخش ساختمان به یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی جهان تبدیل شده است. ساختمان‌های مسکونی به دلیل استفاده گسترده از سیستم‌های گرمایش، سرمایش، روشنایی و لوازم الکتریکی سهم قابل توجهی از مصرف انرژی شهری را به خود اختصاص می‌دهند. در بسیاری از کشورها، این بخش حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد مصرف انرژی کل را شامل می‌شود. در چنین شرایطی، بهبود بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها به یکی از اهداف اصلی سیاست‌های توسعه پایدار تبدیل شده است. در گذشته راهکارهای کاهش مصرف انرژی بیشتر بر طراحی اقلیمی و استفاده از مصالح کارآمد تمرکز داشتند. با این حال، ظهور فناوری‌های دیجیتال و سیستم‌های هوشمند امکان مدیریت پویا و هوشمند مصرف انرژی را فراهم کرده است. هوش مصنوعی با قابلیت تحلیل حجم عظیمی از داده‌ها و

یادگیری الگوهای رفتاری کاربران می‌تواند تصمیمات کنترلی بهینه‌ای برای سیستم‌های ساختمانی اتخاذ کند. به همین دلیل، بررسی نقش این فناوری در مدیریت انرژی ساختمان اهمیت زیادی دارد.

مبانی نظری

در حوزه مدیریت انرژی ساختمان، مفاهیم متعددی از جمله سیستم‌های مدیریت انرژی، ساختمان‌های هوشمند، اینترنت اشیا و الگوریتم‌های یادگیری ماشین مطرح هستند. این مفاهیم پایه‌های نظری استفاده از فناوری‌های هوشمند در ساختمان را شکل می‌دهند. در سال‌های اخیر پژوهشگران تلاش کرده‌اند با ترکیب علوم مهندسی ساختمان، علوم داده و هوش مصنوعی مدل‌های جدیدی برای مدیریت انرژی توسعه دهند. این مدل‌ها قادرند داده‌های حاصل از حسگرهای مختلف را تحلیل کرده و عملکرد تجهیزات ساختمانی را بهینه کنند. بررسی این چارچوب‌های نظری به درک بهتر سازوکارهای هوش مصنوعی در مدیریت انرژی کمک می‌کند. همچنین مبانی نظری امکان تحلیل ارتباط میان فناوری‌های هوشمند و اصول معماری پایدار را فراهم می‌سازد. در این بخش مهم‌ترین مفاهیم نظری مرتبط با موضوع پژوهش معرفی و بررسی می‌شوند.

سیستم مدیریت انرژی ساختمان (BEMS)

سیستم مدیریت انرژی ساختمان یکی از مهم‌ترین ابزارهای فنی برای کنترل و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های مدرن محسوب می‌شود. این سیستم مجموعه‌ای از تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است که وظیفه پایش، تحلیل و کنترل مصرف انرژی را بر عهده دارد. BEMS معمولاً از حسگرهای مختلف برای جمع‌آوری داده‌هایی مانند دما، رطوبت، مصرف برق و حضور کاربران استفاده می‌کند. این داده‌ها در یک سیستم مرکزی پردازش شده و بر اساس آن تصمیمات کنترلی برای تجهیزات ساختمان اتخاذ می‌شود. در سیستم‌های سنتی، کنترل تجهیزات معمولاً بر اساس زمان‌بندی ثابت انجام می‌شود. اما در سیستم‌های پیشرفته، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند تصمیم‌گیری‌ها را به صورت تطبیقی انجام دهند. این قابلیت

باعث می‌شود سیستم بتواند خود را با شرایط محیطی و رفتار کاربران سازگار کند. استفاده از BEMS به‌ویژه در ساختمان‌های بزرگ و مجتمع‌های مسکونی می‌تواند به کاهش قابل توجه مصرف انرژی منجر شود.

کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت مصرف انرژی

ساختمان‌های مسکونی

در این بخش، حوزه‌های کاربردی اصلی هوش مصنوعی در ساختمان‌های مسکونی بررسی می‌شود و تأثیر آن بر بهینه‌سازی مصرف انرژی تحلیل می‌گردد.

کاربردهای هوش مصنوعی در ساختمان بسیار متنوع‌اند و تقریباً تمام اجزای مصرف‌کننده انرژی را دربرمی‌گیرند. از تحلیل مصرف برق گرفته تا کنترل سیستم‌های HVAC، روشنایی، تهویه و حتی یکپارچه‌سازی با سامانه‌های انرژی خورشیدی، همگی می‌توانند تحت مدیریت الگوریتم‌های هوشمند قرار گیرند. در ساختمان‌های مسکونی، این کاربردها اهمیت مضاعفی دارند زیرا رفتار ساکنان بسیار متغیر است و مصرف انرژی به‌شدت تحت تأثیر عادات روزمره قرار می‌گیرد. هوش مصنوعی می‌تواند این الگوهای رفتاری را شناسایی کرده و با حداقل مداخله انسانی، سامانه‌های ساختمان را به شکل تطبیقی کنترل کند. این قابلیت نه تنها مصرف انرژی را کاهش می‌دهد، بلکه آسایش حرارتی، کیفیت نور و کارایی کلی ساختمان را نیز افزایش می‌دهد. در نتیجه، AI در ساختمان‌های مسکونی نه یک فناوری جانبی، بلکه به‌عنوان هسته اصلی مدیریت انرژی آینده شناخته می‌شود.

پیش‌بینی مصرف انرژی

پیش‌بینی مصرف انرژی یکی از مهم‌ترین کاربردهای هوش مصنوعی در ساختمان است، زیرا امکان برنامه‌ریزی دقیق‌تر و مدیریت بهتر منابع را فراهم می‌کند. الگوریتم‌های پیش‌بینی با استفاده از داده‌های تاریخی، شرایط آب‌وهوایی، الگوهای حضور و نوع تجهیزات می‌توانند مقدار مصرف آینده را برآورد کنند. این پیش‌بینی‌ها برای مدیریت بار اوج، تنظیم قراردادهای انرژی و جلوگیری از مصرف غیرضروری بسیار مفید

هستند. علاوه بر این، در ساختمان‌های مجهز به انرژی خورشیدی، پیش‌بینی مصرف به هماهنگی میان تولید و مصرف کمک می‌کند. مدل‌های یادگیری ماشین معمولاً در این حوزه دقت بالاتری نسبت به روش‌های سنتی دارند، زیرا قادرند روابط پیچیده و غیرخطی میان متغیرها را تحلیل کنند. نتیجه چنین تحلیلی، افزایش انعطاف‌پذیری و کارایی سیستم مدیریت انرژی است. در واقع، پیش‌بینی مصرف انرژی زیربنای بسیاری از تصمیم‌های کنترلی هوشمند در ساختمان محسوب می‌شود.

کنترل هوشمند گرمایش و سرمایش

سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع معمولاً بزرگ‌ترین سهم را در مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی دارند و به همین دلیل کنترل هوشمند آن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌هایی مانند دمای بیرونی، دمای داخلی، رطوبت، تعداد افراد حاضر و حتی پیش‌بینی تغییرات آب‌وهوایی، عملکرد HVAC را بهینه کند. برخلاف ترموستات‌های سنتی که تنها بر یک مقدار دمای ثابت تکیه دارند، سامانه‌های هوشمند قادرند شرایط واقعی را در نظر بگیرند و تصمیم‌های لحظه‌ای اتخاذ کنند. این نوع کنترل تطبیقی موجب می‌شود انرژی فقط در زمانی مصرف شود که واقعاً لازم است. در عین حال، سطح آسایش ساکنان نیز حفظ می‌شود زیرا سیستم به‌جای خاموش و روشن شدن‌های ناگهانی، به‌تدریج و هوشمندانه واکنش نشان می‌دهد. پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد ترکیب AI با کنترل HVAC می‌تواند به کاهش چشمگیر مصرف انرژی منجر شود. بنابراین، این حوزه یکی از مؤثرترین زمینه‌های کاربرد هوش مصنوعی در ساختمان‌های مسکونی است.

کنترل حضور محور

کنترل حضور محور یکی از راهبردهای بسیار مؤثر در مدیریت انرژی ساختمان است که بر اساس شناسایی حضور یا عدم حضور افراد در فضا عمل می‌کند. در بسیاری از ساختمان‌ها، تجهیزات سرمایش، گرمایش یا روشنایی حتی زمانی که فضا خالی است، همچنان فعال می‌مانند و همین مسئله باعث اتلاف انرژی می‌شود. سیستم‌های هوشمند مبتنی بر حسگرهای حرکتی، دوربین‌های تحلیلی یا داده‌های رفتاری می‌توانند

حضور ساکنان را تشخیص دهند و تجهیزات را فقط در زمان نیاز فعال کنند. هوش مصنوعی در اینجا نقش مهمی در تحلیل داده‌های خام و تبدیل آن‌ها به تصمیم کنترلی ایفا می‌کند. به‌عنوان مثال، اگر سامانه تشخیص دهد که اتاقی برای مدت مشخصی خالی شده، می‌تواند روشنایی را خاموش و دمای فضا را در سطح اقتصادی‌تری تنظیم کند. این رویکرد علاوه بر صرفه‌جویی در انرژی، به افزایش عمر تجهیزات نیز کمک می‌کند. در ساختمان‌های مسکونی با الگوی حضور متغیر، کنترل حضورمحور یکی از بهترین روش‌ها برای کاهش مصرف غیرضروری است.

مدیریت روشنایی

روشنایی یکی از مصرف‌کنندگان قابل توجه انرژی در ساختمان‌های مسکونی است، به‌ویژه در فضاهایی که نور طبیعی کافی وجود ندارد یا استفاده از نور مصنوعی به‌صورت مداوم انجام می‌شود. سیستم‌های روشنایی هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند شدت نور را با توجه به نور طبیعی، حضور افراد و نیاز عملکردی فضا تنظیم کنند. برای مثال، در ساعات روز که نور خورشید کافی است، سامانه می‌تواند شدت چراغ‌ها را کاهش دهد یا آن‌ها را به‌طور کامل خاموش کند. همچنین در فضاهای کم‌استفاده، روشنایی می‌تواند به‌صورت خودکار در حالت صرفه‌جویی قرار گیرد. این فناوری به‌ویژه در ترکیب با حسگرهای نور و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌تواند میزان قابل توجهی از مصرف برق را کاهش دهد. علاوه بر صرفه‌جویی انرژی، کنترل روشنایی هوشمند به ارتقای کیفیت تجربه فضایی نیز کمک می‌کند، زیرا سطح نور متناسب با شرایط واقعی تنظیم می‌شود. به همین دلیل، مدیریت روشنایی یکی از ساده‌ترین و در عین حال مؤثرترین کاربردهای AI در ساختمان‌های مسکونی است.

یکپارچه‌سازی انرژی‌های تجدیدپذیر

این زیر بخش نشان می‌دهد که هوش مصنوعی چگونه می‌تواند هماهنگی میان تولید و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را بهبود دهد.

با گسترش استفاده از پنل‌های خورشیدی و سامانه‌های ذخیره‌سازی انرژی در ساختمان‌های مسکونی، نیاز به مدیریت هوشمند تولید و مصرف بیش از گذشته احساس می‌شود. هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل وضعیت تولید، پیش‌بینی شرایط آب‌وهوایی و ارزیابی الگوهای مصرف، تصمیم بگیرد که انرژی تولیدشده در چه زمانی مصرف، ذخیره یا به شبکه تزریق شود. این قابلیت به‌ویژه در ساختمان‌هایی که نوسانات تولید انرژی خورشیدی دارند اهمیت دارد. برای مثال، اگر پیش‌بینی شود که در ساعات بعدی تابش خورشید کاهش می‌یابد، سیستم می‌تواند مصرف فعلی را کاهش داده یا از ذخیره‌ساز استفاده کند. این نوع هماهنگی باعث افزایش خودکفایی انرژی ساختمان و کاهش وابستگی به شبکه می‌شود. از منظر معماری پایدار نیز، یکپارچه‌سازی AI با انرژی‌های تجدیدپذیر یکی از مهم‌ترین مسیرهای رسیدن به ساختمان‌های کم‌کربن و تاب‌آور است.

تحلیل در چارچوب معماری پایدار

معماری پایدار بر کاهش مصرف انرژی، استفاده بهینه از منابع طبیعی، افزایش آسایش حرارتی و کاهش اثرات زیست‌محیطی ساختمان تأکید دارد. در این چارچوب، هوش مصنوعی می‌تواند نقش مکمل و تقویت‌کننده داشته باشد. برای مثال، اگر ساختمان از قبل با اصول طراحی اقلیمی، نورگیری مناسب و تهویه طبیعی طراحی شده باشد، AI می‌تواند بهره‌برداری از این ویژگی‌ها را بهینه کند. به این ترتیب، ساختمان نه فقط از نظر کالبدی بلکه از نظر عملکردی نیز پایدار می‌شود. در اقلیم‌های گرم و خشک، هوش مصنوعی می‌تواند زمان‌بندی مناسب باز و بسته شدن سایه‌بان‌ها، میزان استفاده از سرمایش مکانیکی و نحوه استفاده از تهویه طبیعی را تعیین کند. همچنین در ساختمان‌های مسکونی شهری، AI می‌تواند رفتار ساکنان را در جهت مصرف مسئولانه‌تر هدایت کند. بنابراین، تلفیق هوش مصنوعی با معماری پایدار نه تنها باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود، بلکه زمینه‌ساز شکل‌گیری نسل جدیدی از ساختمان‌های یادگیرنده و تطبیق‌پذیر است.

روشناسی پژوهش

داده‌های این پژوهش از طریق مرور منابع علمی معتبر داخلی و بین‌المللی گردآوری شده‌اند. منابع بین‌المللی شامل مقالات منتشرشده در مجلات تخصصی حوزه انرژی، ساختمان و هوش مصنوعی بوده‌اند و منابع فارسی نیز از کتاب‌ها و مقالات علمی مرتبط انتخاب شده‌اند. در مرحله نخست، کلیدواژه‌هایی مانند Artificial Intelligence, Building Energy Management, Smart Home, Reinforcement Learning, Energy Efficiency و برابره‌های فارسی آن‌ها جستجو شدند. سپس منابع بر اساس ارتباط مستقیم با موضوع، به‌روز بودن و قابلیت استناد انتخاب شدند. در ادامه، یافته‌ها بر اساس محورهای مفهومی شامل پیش‌بینی مصرف، کنترل HVAC، روشنایی، حضورمحوری و معماری پایدار دسته‌بندی شدند. این روش باعث شد تحلیل پژوهش از انسجام مفهومی برخوردار باشد و نتایج به‌صورت ساختاریافته ارائه شوند. همچنین استفاده از چارچوب تحلیلی مقایسه‌ای، امکان استخراج نقاط اشتراک و تمایز میان پژوهش‌های پیشین را فراهم کرد.

جدول مقایسه پژوهش‌های پیشین

این جدول برای نشان دادن روندهای تحقیقاتی موجود و جایگاه پژوهش حاضر در ادبیات علمی طراحی شده است.

یافته اصلی	روش	موضوع	نویسنده / سال
بهبود کنترل سیستم‌های HVAC و بهینه‌سازی مصرف انرژی	یادگیری تقویتی	BuildingGym و مدیریت و کنترل انرژی	Runze, Xiangyu Dai Shicheng, Chen Wei T. Li, Guan Chunyan Yuen (۲۰۲۵)

Tadesse Abate و Woldegiyorgis همکاران (۲۰۲۵)	AI و عملکرد انرژی ساختمان	مرور سیستماتیک و تحلیل	کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره وری ساختمان
Ziyad Elhassan (۲۰۲۶)	کنترل انرژی مبتنی بر حضور در ساختمان	مدل سازی و تحلیل داده	کاهش مصرف انرژی از طریق تشخیص حضور کاربران
Umar ur Rehman, Luís Paulo Faria Zita Vale Gomes (۲۰۲۵)	مدلهای مدیریت انرژی در خانه هوشمند	تحلیل سامانه های هوشمند	بهبود پیش بینی مصرف و مدیریت بار
عبدالرضا کرباسی (۱۳۸۴)	مدیریت انرژی در ساختمان	کتاب مرجع، تحلیل مفهومی	ارائه مبانی مدیریت انرژی در ساختمان
حسن ذوالفقاری (۱۳۹۴)	اقلیم و انرژی ساختمان	تحلیل اقلیمی	تاکید بر نقش طراحی اقلیمی در کاهش مصرف انرژی

مدل مفهومی پژوهش

مدل مفهومی این پژوهش نشان می‌دهد که داده‌های محیطی و رفتاری، ورودی‌های اصلی سامانه مدیریت انرژی هوشمند هستند. این داده‌ها از طریق حسگرها و زیرساخت اینترنت اشیا جمع‌آوری می‌شوند و سپس در لایه تحلیل هوش مصنوعی پردازش می‌گردند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری تقویتی در این مرحله الگوهای مصرف، حضور کاربران و شرایط اقلیمی را تحلیل می‌کنند. در ادامه، نتایج تحلیلی به لایه کنترل منتقل می‌شود و تجهیزات ساختمان مانند HVAC، روشنایی، تهویه و پرده‌های هوشمند را تنظیم

می‌کند. خروجی نهایی این فرآیند، کاهش مصرف انرژی، افزایش آسایش، کاهش هزینه و کاهش اثرات زیست‌محیطی است. این مدل مفهومی نشان می‌دهد که موفقیت مدیریت انرژی هوشمند وابسته به تعامل سه سطح داده، تحلیل و کنترل است. به همین دلیل، طراحی معماری پایدار در کنار زیرساخت دیجیتال، شرط اصلی عملکرد مؤثر این سامانه‌هاست.

چالش‌ها و محدودیت‌ها

با وجود ظرفیت‌های گسترده هوش مصنوعی، پیاده‌سازی آن در ساختمان‌های مسکونی با چالش‌هایی همراه است. نخستین چالش، هزینه اولیه نصب حسگرها، کنترلرها و نرم‌افزارهای تحلیلی است که ممکن است برای بسیاری از ساختمان‌ها قابل توجه باشد. دومین مسئله، امنیت و حریم خصوصی داده‌های ساکنان است؛ زیرا سامانه‌های هوشمند برای عملکرد دقیق نیازمند جمع‌آوری اطلاعات رفتاری و محیطی هستند. چالش سوم به کیفیت داده و دقت حسگرها مربوط می‌شود، زیرا خطا در داده ورودی می‌تواند به تصمیم‌های نادرست منجر شود. علاوه بر این، پذیرش اجتماعی فناوری نیز مسئله مهمی است، زیرا برخی ساکنان ممکن است نسبت به کنترل خودکار تجهیزات یا جمع‌آوری داده‌ها مقاومت نشان دهند. از منظر فنی نیز، نیاز به استانداردهای ملی و پروتکل‌های یکپارچه یکی از موانع مهم توسعه این سامانه‌هاست. بنابراین، موفقیت هوش مصنوعی در مدیریت انرژی ساختمان تنها به الگوریتم‌ها وابسته نیست، بلکه به بستر نهادی، اقتصادی و اجتماعی نیز نیاز دارد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان داد که هوش مصنوعی می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در مدیریت مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی داشته باشد. این فناوری از طریق تحلیل داده‌های محیطی و رفتاری، پیش‌بینی مصرف، کنترل تطبیقی تجهیزات و بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌های ساختمانی، امکان کاهش مصرف انرژی را فراهم می‌کند. کاربردهای اصلی آن شامل کنترل هوشمند HVAC، سیستم‌های حضورمحور، مدیریت روشنایی، پیش‌بینی بار و یکپارچه‌سازی با انرژی‌های تجدیدپذیر است. از سوی دیگر، ارتباط این فناوری با معماری

پایدار نشان می‌دهد که هوش مصنوعی تنها یک ابزار فنی نیست، بلکه بخشی از راهبرد جامع طراحی و بهره‌برداری ساختمان آینده است. با این حال، تحقق کامل این ظرفیت‌ها مستلزم توجه به هزینه، امنیت داده، استانداردسازی و پذیرش اجتماعی است. در مجموع، می‌توان گفت آینده ساختمان‌های مسکونی در گرو تلفیق طراحی پایدار با فناوری‌های هوشمند خواهد بود.

فهرست منابع :

Dai, X., Chen, R., Guan, S., Li, W. T., & Yuen, C. (۲۰۲۵). BuildingGym: An open-source toolbox for AI-based building energy management using reinforcement learning. Building Simulation.

Elhassan, Z. (۲۰۲۶). Building energy management through smart occupancy based control. Discover Applied Sciences.

Rehman, U. ur, Faria, P., Gomes, L., & Vale, Z. (۲۰۲۵). Future of energy management models in smart homes.

Woldegiyorgis, T. A., et al. (۲۰۲۵). Harnessing artificial intelligence to improve building performance and energy use. Energy Informatics.

کرباسی، عبدالرضا. (۱۳۸۴). مدیریت انرژی در ساختمان.

ذوالفقاری، حسن. (۱۳۹۴). آب و هواشناسی معماری و مدیریت انرژی ساختمان. انتشارات سمت.