

# به کارگیری هوش مصنوعی در ادغام BMS، SBMS و BEM برای آینده‌ای پایدار و کارآمد

محمد غفوری<sup>۱</sup>

۱: دانشجو کارشناسی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، آدرس پست الکترونیک

## چکیده:

خانه هوشمند چیست؟ خانه هوشمند معمولاً یک خانه یا ساختمانی است که در آن از تجهیزات خاصی با ساختار ویژه جهت کنترل و مانیتورینگ خانه استفاده می‌گردد. BMS سیستم مدیریت ساختمان به ما کمک می‌کند تا با در دست داشتن سیستمی بسیار ساده و در عین حال بسیار کارآمد در هوشمند سازی ادوات برقی در ساختمان‌ها استفاده کنیم. سیستم‌های مدیریت هوشمند ساختمان sbms به ما کمک می‌کند تا با یکپارچه سازی ابزارها برای نظارت و کنترل سیستم‌ها، به راحتی قادر به استفاده از ساختمانهای هوشمند باشیم و با ادغام و یا جایگزینی چند BMS به عنوان عناصر اصلی ساختمانهای سبز، می‌توانیم با استفاده از یک سیستم SMBS عملکردها را به صورت کلی که در یک ابر خصوصی اجرا شود را کنترل و مانیتورینگ کنیم. سیستم مدیریت انرژی ساختمان (BEM) می‌تواند راه حل‌های مقرون به صرفه مدیریت انرژی برای ساختمان‌های هوشمند را ارائه دهد. با این وجود، موفقیت BEM در شناسایی دستگاههای بزرگ مصرف کننده انرژی، نظارت بر مصرف انرژی، برنامه ریزی بهینه وسایل انعطاف پذیر و تشخیص و کنترل اتلاف انرژی منوط است. این مقاله در مورد طراحی و اجرا یک سیستم جامع یا استفاده از اینترنت اشیا (IoT) برای ادغام سیستم‌های BEM، SBMS، BMS در یک شرکت توزیع برق با داشتن ۲۸ مدیریت شهرستان می‌باشد. با تجزیه و تحلیل در الگوی مصرف انرژی و هدر رفت آن‌ها، نشان می‌دهیم که چگونه با نصب سیستم‌های ذکر شده از هدر رفت انرژی جلوگیری می‌کنیم. ما نتایج تجربی نظارت بر زمان واقعی مصرف انرژی مصرف کنندگان در یک فضای اداری را برای شناسایی مصرف گوناگون ارائه می‌دهیم.

**واژگان کلیدی:** هوش مصنوعی، مدیریت ساختمان، مدیریت هوشمند، مدیریت انرژی، پایداری.

## ۱. مقدمه :

مدیریت ساختمان هوشمند به مجموعه سخت افزارها و نرم افزارهایی اطلاق میشود که به منظور مانیتورینگ و کنترل یکپارچه قسمتهای مهم و حیاتی در ساختمان نصب میشوند . وظیفه این مجموعه، پایش مداوم بخش های مختلف ساختمان و اعمال فرامین به آنها به نحوی است که عملکرد اجزاء مختلف ساختمان در تعامل با یکدیگر و در شرایط بهینه و باهدف کاهش مصارف ناخواسته و تخصیص منابع انرژی فقط برای فضاهای در حین بهره برداری باشد . در این روش تابلوهای برق روشنائی عمومی، دیزل ژنراتور ، سیستم اعلام و اطفاء حریق ، سیستم حفاظتی ، آسانسورها ، سیستم کنترل تردد و نیز اجزاء موتورخانه مرکزی شامل چیلرها ، بویلرها ، پمپهای سیرکوالسیون ، برجهای خنک کننده ، هواسازها و اگزاست فن ها به نوعی به طور یکپارچه و به طور منسجم توسط یک و یا چند رایانه هماهنگ و کنترل میشوند . اجزاء سیستم مدیریت هوشمند ساختمان **BMS** اساساً همانند دیگر سیستمهای کنترلی ، نیز از سه بخش تشکیل میشود.

۱- حسگرها : سنجش پارامترهای محیطی و ارسال این اطلاعات به سیستم را عهده دار هستند. این اطلاعات میتواند دمای محیط بیرون و درون ، دمای سیال گرم کننده و یا خنک کننده ، میزان روشنائی محیط، میزان رطوبت ، مقدار گازها در هوا و دیگر اطلاعاتی که برای راهبری بهینه سیستم حیاتیست باشد.

تصویر (۰۱) نمونه سنسورهای سنجش دمای آب نصب شده بر روی لوله های آب چیلرها شرکت توزیع برق خراسان



۲- کنترلرها : اجزائی از سیستم هستند که اطلاعات دریافتی از حسگرها را دریافت و براساس نرم افزار درونی خود و یا نرم افزار شبکه پردازش و بر حسب نیاز ، فرامینی را به عملگرها ارسال میکنند.

تصویر (۰۲) سیستم **BMS** شرکت توزیع نیروی برق خراسان شامل (کنترلرها و تابلو برق اتومات)



۳- عملگرها : اجزائی از سیستم هستند که فرامین ارسالی از کنترلرها را دریافت و براساس آن واکنش نشان میدهند. این عملگرها میتوانند شیرهای برقی، دریچه های قابل تنظیم عبورها، رله های قطع و وصل جریان الکتریکی و.... باشند.

تصویر (۳) شیرهای پمپ ها سه بخش یاد شده بالا توسط یک مکانیزم ارتباطی با هم مرتبط میشوند.



### هوش مصنوعی: کلید ادغام سیستم های مدیریت باتری برای آینده ای پایدار

در ساختمان های هوشمند در روش قدیمی با استفاده از سیم کشی هر یک از وسایل موجود در ساختمان صورت میگرفته است؛ ولی با استفاده از اینترنت اشیا تغییر چشم گیری در صنعت ساختمان به وجود آمده است. در این تکنولوژی تمامی اشیا در سیستم ساختمان با اتصال به اینترنت، داده های خود را منتقل میکنند؛ تا به دستگاه های دیگر ارسال نموده و یا از آنها داده ای دریافت نمایند.

در این روش، سیم کشی وسایل وجود نداشته؛ و در عوض ارتباطات بیسیم با بستر اینترنت و شبکه ارتباطی موجب هوشمندسازی ساختمان می گردد. در این فناوری امکان توسعه و تحلیل داده ها مطرح می شود که قابل گسترش به معنای واقعی است. در حقیقت در اینترنت اشیا (IoT)، تمرکز روی اشیا متصل به اینترنت و داده های دریافتی است.



### تحول در مدیریت انرژی: نقش هوش مصنوعی در BMS و SBMS

یکی از روشهای بسیار مورد مطالعه برای کاهش هزینه های آب، برق و گاز، استفاده از طرح مدیریت هوشمند ساختمان هاست که در آن مصرف کنندگان می توانند مصارف خود را از یک دوره قیمت بالا به یک دوره قیمت پایین تغییر دهند. با توجه به این واقعیت، سیستم مدیریت انرژی ساختمان (BEM) که اخیراً به عنوان یک راه حل بالقوه برای جلوگیری از چنین مصارف گران قیمتی مورد توجه زیادی قرار گرفته است بسیار کارآمد و مقرون به صرفه می باشد.

در جدول ذیل میتوان به این امر مهم در کاهش مصارف آب، برق و گاز شرکت توزیع برق خراسان در بازه زمانی یکساله قبل و بعد از بکارگیری سیستم مدیریت هوشمند ساختمان BMS اشاره کرد.

جدول (۰۴) مقایسه میزان مصارف آب، برق و گاز شرکت توزیع نیروی برق خراسان

ردیف	سال قبل از بکارگیری BMS	نوع مصرف	میزان مصرف	سال بعد از بکارگیری BMS	میزان مصرف	میزان صرفه جویی در مصرف
۱	۱۳۹۷	برق	۲۰۱۳۵۲ کیلو وات ساعت	۱۳۹۸	۱۱۳۲۸۹ کیلو وات ساعت	۸۸۰۶۳ کیلو وات ساعت
۲	۱۳۹۷	گاز	۱۷۰۹۰ متر مکعب	۱۳۹۸	۱۰۰۳۷ متر مکعب	۷۰۵۳ متر مکعب
۳	۱۳۹۷	آب	۱۵۲۰ متر مکعب لیتر	۱۳۹۸	۹۷۰ متر مکعب لیتر	۵۵۰ متر مکعب لیتر
ارقام طبق اعلامی به جشنواره شهید رجایی (ارزیابی سازمان مدیریت و بودجه دستگاه های دولتی)						

### پیش بینی و مدیریت نیازهای انرژی با هوش مصنوعی در سیستم های باتری

با پیشرفت سریع فناوری، سیستم های مدیریت هوشمندسازی پیشرفته تر می شوند و سطح ادغام به تدریج از سطح زیر سیستم تا یکپارچه سازی کل ساختمان و همگرایی سیستم های اطلاعاتی در حال پیشرفت می باشد. در ابتدا اتوماسیون سیستم های

ساختمان در سطح تجهیزات فردی حاصل می شد ، اما پس از سال ۱۹۸۰ این تجهیزات ادغام شدند . بنابراین ، در مرحله سیستم های یکپارچه در سطح ساختمان ، عناصر اتوماسیون و سیستم های ارتباطی در سطح ساختمان به عنوان سیستم اتوماسیون ساختمان (BAS) و سیستم ارتباطی یکپارچه (ICS) ادغام شدند و از طریق شبکه تلفنی با استفاده از مودم می توان به سیستم از راه دور دسترسی داشت ، با وجود اینکه حتی تلفن های همراه برای ارتباط صوتی و داده به بازارهای جهانی معرفی شدند.

در حال حاضر در این شرکت در حوزه ی ستادی آن سیستم BMS را نصب و بکارگیری کرده است که مطابق جدول ۰۴ مقایسه میزان مصارف آب ، برق و گاز در آن قابل مشاهده می باشد . این شرکت دارای ۲۸ شهرستان ( نقشه ۰۵ ) می باشد که شهرستان های بزرگتری از قبیل نیشابور، سبزوار، تربت حیدریه، کاشمر، تربت جام و قوچان که دارای موتورخانه و تاسیسات زیرساختی می باشند در برنامه سال ۱۴۰۰ باید طبق الزامات به سیستم BMS مجهز گردند و شهرهای کوچکتر آن ها نیز که زیر مجموعه های آن ها می باشند در صورت وجود موتورخانه سیستم های حسگرها ، کنترلرها و عملگرها را نصب و بکارگیری کنند.

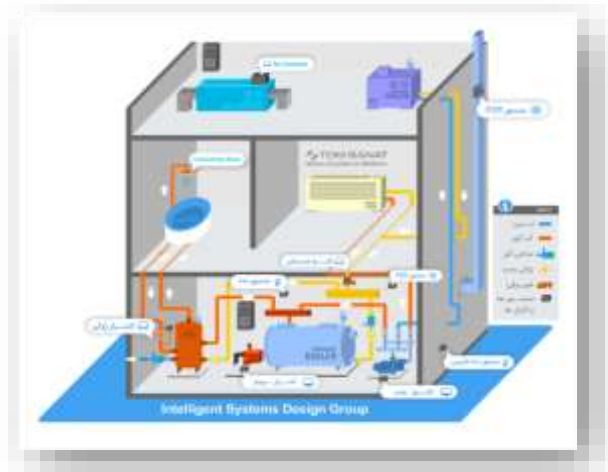
#### نقشه (۰۵) پراکندگی شهرهای استان خراسان رضوی



#### ادغام هوش مصنوعی در BMS و BEM: راهی به سوی پایداری انرژی

کنترل از طریق BMS نیاز به اطلاعات دریافت شده از سنسورهای آن ها دارد که می توان نمونه هایی از قبیل **زیمنس ، هانیول ، جانسون ، راکول ، دلتا ، TAC و ... نام برد** و نحوه استفاده کنترلر ها و برنامه ها برای پاسخ به اطلاعات آن ها بستگی دارد و همچنین حسگرها با ارائه یک کنترل دقیق از محیط ، می توانند از شرایطی که الزامات را رعایت نمی کنند با هشدارهای مربوطه آلامر های لازم را به جهت قطع و یا سیر نزولی دادن دستگاهها بدهند.

تصویر (۰۶) نمونه ای از سیستم گرمایش – سرمایش مجهز به حسگرها ، کنترلر ها و عملگرها



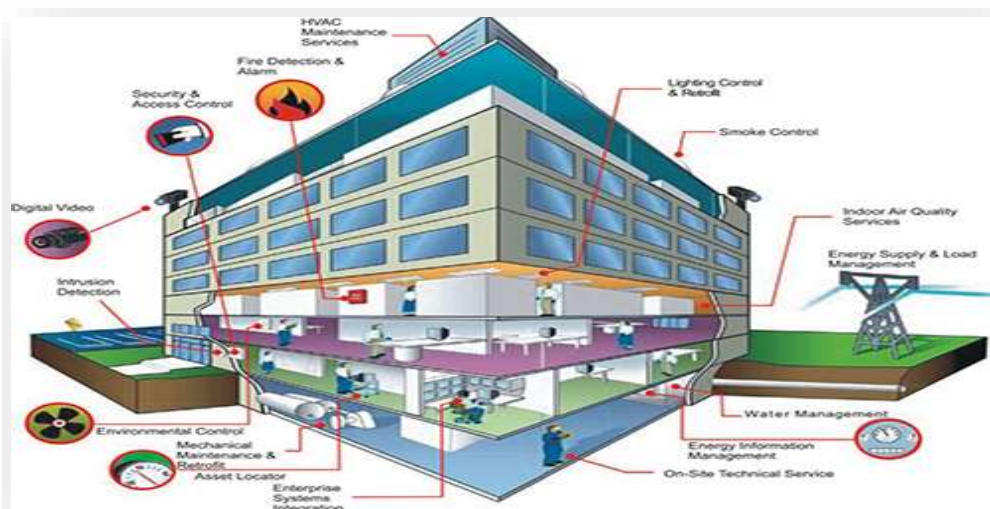
**BMS** اساساً راه حلی است که برای تأمین محیطی ایمن، راحت و کارآمد با انرژی در یک تأسیسات ادغام می شود. بهینه سازی عملکرد فقط با نظارت منظم با کمک **BMS** قابل اطمینان است. **BMS** می تواند به نظارت در زمان واقعی و ثبت اطلاعات گذشته کمک کند. **BMS** که در داخل هر ساختمان بکارگیری شده است با دیگر ساختمان ها ادغام میشود و به یک سکوی خدماتی که در اینترنت بارگزاری شده است، تکامل می یابد و تحت نظر و عملکرد **SBMS** به عنوان سرویس، تحویل می شوند.

**SBMS** با ادغام آنها در زیرساخت های پیشرفته فناوری اطلاعات، الزامات زیادی برای **BMS** تعریف میکند و اجرای آن در کل زیرساختها، یکپارچگی الکترومکانیکی و فناوری اطلاعات، رضایت بخشی مهمی را به مشتری می بخشد.

درمیان شرکت های تجاری **IBM**، نخستین شرکت مهمی بود که علاقمند به تهیه راه حل برای شهرهای هوشمند و همچنین برای **SBMS** بود. بنابراین، **IBM** راه حل بهینه سازی انرژی **IBM TRIRIGA** را پیاده سازی کرد که در آن جمع آوری داده ها در زمان واقعی و تجزیه و تحلیل انرژی و معیارهای عملیاتی کل دارایی های زیرساختی که نمای داشبورد تلفیقی و مبتنی بر نقش در داده های ساختمان است را شامل میشود.

درکل میتوان **SBMS** را یک سیستم مدیریتی یکپارچه برای مدیریت چرخه عمر امکانات نام برد و در سطح گسترده تر میتوان آن را جزئی از دارایی های فیزیکی هر سازمان، شرکت و ساختمانی دانست که کمک میکند با محاسبات دقیق به طول عمر، کاهش مصارف و بهره بوری بهتر دستگاه ها عمل کند.





## ساختمان توزیع برق:

ساختمان شرکت توزیع برق خراسان که با هدف بهینه سازی مصارف و بهره وری بالاتر این طرح را پیاده کرده است بدین منظور است که در سال های قبل از نصب این دستگاه ، به جهت روشن و خاموش کردن دستگاه های چیلر جهت سرمایش در تابستان و همچنین دیگ های آب گرم در زمستان ، نیروی تاسیساتی موظف به حضور قبل از ورود پرسنل میگردید تا با روشن کردن دستگاه ها در ساعات اولیه صبح ( ۱ یا ۲ ساعت قبل از ورود پرسنل شرکت) دمای مطلوبی را سیستم استخراج کند و این امر معایب فراوانی را به همراه داشت که در ذیل به مواردی از آن ها اشاره میکنیم:

۱. امکان دیر حضور پیدا کردن و یا عدم حضور نیروی تاسیسات به محیط کار
  ۲. خطای انسانی در راه اندازی بخشی از دستگاه ها
  ۳. دما با محیط همخانی نداشتن (تنظیم گرم و یا سرد شدن بیش از حد یا کمتر از حد دستگاه ها)
  ۴. خطای انسانی در خاموش کردن دستگاه ها
- که با نصب دستگاه های مراقبتی، حسگر ها، کنترلر ها و عملگرها این خطاها به صفر رسیده است و در حال حاضر با نصب حسگرهایی در خارج ساختمان و بر روی لوله های ورودی و خروجی آب ، تمامی دما ها به کنترلرها منتقل و بعد از آنالیز به عملگرها جهت استارت و راه اندازی انتقال داده میشود .

حسگرهای دما نصب شده بر روی لوله های

تصاویر (۰۷) حسگر دما خارج ساختمان شرکت توزیع

آب



کنترلرها توسط دماهایی که اپراتور در بازه های زمانی مشخص به دستگاه ها داده است عمل میکنند و این دماها طبق تقویمی که در دستگاه ها تنظیم میگردد در بازه های زمانی ای که شرکت تعطیل می باشد و احتیاج به استارت دستگاه ها نمی باشد دستگاه ها را روشن نمیکند و در ساعات مقرر پس از پایان ساعت کاری شرکت خاموش میگردند.

از مباحث فوق ، بیشتر مطالعات BEM موجود با مشکلات بهره وری انرژی و کاهش هزینه در ساختمان های اداری از دیدگاه های نظری سرو کار دارد . با این وجود ، برای درک بهتر الگوی مصرف انرژی و هدر رفت انرژی در چنین محیط ها و پیاده سازی هایی ، لازم است تعداد زیادی سنسور را نصب کنید که می توانند امکانات نظارت و کنترل در زمان واقعی را فراهم کنند. برای این منظور ، یک سیستم مبتنی بر IoT یک راه حل طبیعی برای ساختمان های قدیمی موجود است.



این

شرکت قصد دارد در مرحله ی بعد تمامی شهرستان ها را به سیستمی یکپارچه متصل کند که با قابلیت محاسبات ابری ، داده های جذب شده را برای شناسایی فعالیت کارمندان یا رویدادها تجزیه و تحلیل می کنند. این داده ها می تواند به طور مؤثر کاربردهای داخلی را اتوماسیون کند و همچنین می تواند با کاهش هزینه ها و ارتقاء سطح رضایت مندی از کارمندان حمایت کند.



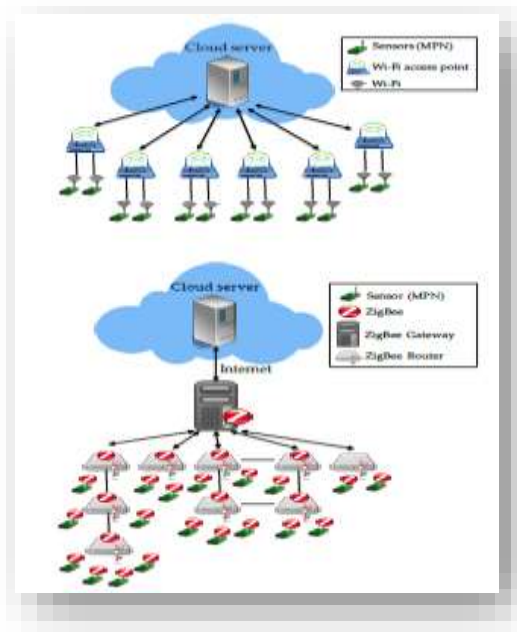
## تصاویر (۰۸) دیگ های آب گرم و چیلر تاسیسات شرکت توزیع نیروی برق خراسان



معماری IoT مبتنی بر ابر، متشکل از زیرمجموعه هایی است که به دنبال سرویس از سیستم مرکزی می باشند ، حسگرهای توزیع شده و سرورهای متصل به عنوان بستر ابر هستند. به طور خاص ، یک سنسور فیزیکی به عنوان یک سنسور مجازی در رایانه ابری مجازی سازی می شود. هر سیستم داده هایی را برای سرورها بارگذاری می کنند بدون هیچ گونه نگرانی در مورد مکان سرورها یا مشخصات دقیق آنها. بنابراین ، معماری ابری مبتنی بر سرویس IoT است که می تواند نیاز مقیاس پذیری را برآورده کند. داده های جمع آوری شده از سنسورها به یک واحد جهت پردازش داده در ابر منتقل می شوند.

تصویر (۰۹) شبکه حسگر بی سیم تک هیی مبتنی بر Wi-Fi. توپولوژی ستاره چند هاپ شبکه حسگر بی سیم غیر مبتنی بر IP مبتنی بر

ZigBee



## نتیجه گیری :

مدیریت هوشمند ساختمان‌ها با بهره‌گیری از اینترنت اشیا (IoT) به‌طور چشمگیری می‌تواند آینده‌ای پایدارتر و کارآمدتر را رقم بزند. با اتوماسیون فرآیندها و کاهش نیاز به نیروی انسانی، نه تنها دقت و کارایی سیستم‌ها افزایش می‌یابد، بلکه خطر خطاهای انسانی نیز به حداقل می‌رسد. قابلیت مشاهده و کنترل مداوم تجهیزات، امکان مانیتورینگ دقیق و جداگانه هر قطعه را فراهم می‌کند و به مدیران اجازه می‌دهد تا تصمیمات بهینه‌تری اتخاذ کنند. افزایش عمر تجهیزات و کاهش استهلاک آن‌ها به واسطه نظارت دقیق بر عملکرد، منجر به کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌شود. همچنین، قابلیت کنترل مرکزی تمامی تجهیزات از یک نقطه، به سادگی و راحتی مدیریت ساختمان‌ها کمک می‌کند و در نهایت به صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی منجر می‌شود. در کل، این سیستم‌ها با ایجاد هماهنگی بین منابع مختلف و استفاده هوشمند از داده‌ها، نه تنها کیفیت زندگی ساکنان را بهبود می‌بخشند، بلکه به حرکت به سمت شهری پایدار و هوشمند کمک می‌کنند. با ادامه پیشرفت فناوری و گسترش اینترنت اشیا، مدیریت هوشمند ساختمان‌ها به یک ضرورت اساسی برای ایجاد فضاهای کارآمد، اقتصادی و زیست‌محیطی تبدیل خواهد شد.

## Abstract

A smart home refers to a building equipped with specific technologies that enable control and monitoring of various systems. Building Management Systems (BMS) allow us to easily automate electrical devices. By integrating tools within Smart Building Management Systems (SBMS), we can effectively utilize smart buildings and manage operations through a centralized Energy Management System (BEM). These systems assist in identifying high-energy-consuming devices, monitoring energy usage, and optimizing the operation of flexible appliances.

This paper discusses the design and implementation of a comprehensive system using the Internet of Things (IoT) to integrate SBMS, BMS, and BEM in an electric distribution company with 28 management districts. By analyzing energy consumption patterns and waste, we demonstrate how to prevent energy loss. Additionally, we provide empirical results from real-time monitoring of energy consumption in an office space to identify various usages.

**Keywords:**

Artificial Intelligence, Building Management, Smart Management, Energy Management, Sustainability.

- فراهانی، م. (۱۳۹۹). مدیریت انرژی در ساختمان‌ها: اصول و کاربردها. انتشارات دانشگاهی.
- خوش‌قدم، س. و علی‌زاده، م. (۱۴۰۰). هوش مصنوعی و کاربرد آن در ساختمان‌های هوشمند. مجله پژوهش‌های معماری و شهرسازی.
- غلامی، ر. و مهدوی، س. (۱۳۹۸). تحلیل سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان با رویکرد هوش مصنوعی. کنفرانس ملی مهندسی عمران.
- زارعی، ف. (۱۴۰۱). پایداری و انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان‌ها. انتشارات علمی.
- احمدی، م. (۱۳۹۷). مدیریت هوشمند ساختمان: چالش‌ها و راهکارها. مجله مهندسی انرژی.
- Wang, L., & Zhang, H. (2020). Artificial Intelligence in Smart Buildings: A Review. *Energy Reports*, 6, 235-245.
- Zhang, Y., & Zhao, X. (2019). Building Energy Management Systems: Principles and Applications. *Energy Procedia*, 158, 1178-1185.
- Raji, A., & Kumar, S. (2021). A Comprehensive Review on Smart Building Technologies and Management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110-122.
- Omer, A. M. (2018). Energy Management in Smart Buildings: Review of Technologies and Applications. *Journal of Building Performance*, 9(1), 49-61.
- Nascimento, M., & Cardoso, M. (2021). Intelligent Energy Management for Smart Buildings. *Energy and Buildings*, 242, 110-120.