دستیابی به بهره وری انرژی و جلوگیری از هدر رفتن انرژی و بهبود شرایط محیطی در ساختمان های هوشمند با استفاده از فناوری های اینترنت اشیاء

محمدرضا محمدیان آسیابر [*۱]، جابر کوچکی سفید داربنی [۲]،

۱- گروه مهندسی برق، دانشکده مکاترونیک، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، البرز

۲- گروه مهندسی برق، دانشکده مکاترونیک، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، البرز

خلاصه

اینترنت انرژی (IoE)بر بخش برق شهرهای هوشمند تأثیر می گذارد. IoE پیاده سازی فناوری اینترنت اشیا (IoT) در سیستم های انرژی توزیع شده است و هدف آن دستیابی به بهره وری انرژی، جلوگیری از هدر رفتن انرژی و بهبود شرایط محیطی است. فناوری اینترنت انرژی شامل استفاده از حسگرهای هوشمند و ادغام انرژی های تجدیدپذیر است. بنابراین، اینترنت انرژی در حال تبدیل شدن به یک ابزار علمی حقوقی برای خدمت به هدف یک شهر هوشمند است. در این مقاله، به تدوین مقرراتی برای تسهیل تبدیل شهرهای موجود، از ساختمان‌های موجود، به ساختمان‌های هوشمند کرد، اشاره می‌کنیم. ما یک الگوی ساختمان هوشمند را پیشنهاد می‌کنیم که عملکرد کلیه سیستم‌های فنی را از طریق فناوری اینترنت اشیا مدیریت می‌کند. با هدف دستیابی به بهره وری انرژی. علاوه بر این، به منظور بهبود صدور گواهینامه ساختمان‌های موجود، از نظر عملکرد انرژی، یک روش کنترل از راه دور خودکار را پیشنهاد می‌کنیم که توسط رابط ابری پشتیبانی می‌شود. این روش رویه‌های زمان‌بر را به حداقل می‌رساند و عملکرد انرژی هر ساختمان را به منظور نتیجه‌گیری و اعمال معیارها، روی یک پلت فرم ابری ذخیره می‌کند.

کلمات کلیدی: بهره وری انرژی، عملکرد انرژی ساختمان های موجود، اینترنت اشیا، الگوی ساختمان هوشمند، مدیریت هوشمند انرژی.

۱. مقدمه

در شهر هوشمند، فناوری در خدمت جامعه قرار می گیرد تا به اهداف هوشمندانه هر عامل زنده ای که جامعه را برمی انگیزد، مانند مدیریت، شهروندان و صنعت دست یابد. به این ترتیب رونق شهر تضمین می شود. انرژی نیروی محرکه یک شهر است و صرفه جویی در انرژی یک مسئله اصلی برای کل جهان است. استفاده از منابع انرژی جایگزین، کاهش انتشار گازها، مشارکت فناوری اینترنت اشیا ((IoTبرای نظارت بر مصرف انرژی و کنترل عملکرد انرژی از اهمیت حیاتی برخوردار است. برای دستیابی به اهداف شهر هوشمند و بهره وری انرژی، نه تنها بازسازی ساختمان های هوشمند جدید و تبدیل ساختمان های موجود به ساختمان های تقریباً صفر انرژی ((NZEBبسیار مهم است، بلکه شفافیت گواهی های عملکرد انرژی نیز باید بهبود یابد. با توجه به ارزیابی تاثیر کمیسیون جهانی، مقررات مربوط به بازرسی سیستم‌های عملکرد انرژی ناکارآمد می باشد، زیرا نمی‌توانند عملکرد اولیه و مداوم سیستم‌های فنی ساختمان را تضمین کنند. گواهی‌های عملکرد انرژی باید اطمینان حاصل کند که عملکرد سیستم‌های فنی ساختمان نصب‌شده، جایگزین یا ارتقا یافته مستند شده است و تمام پارامترهای لازم برای اندازه‌گیری مصرف انرژی بررسی می‌شوند و همچنین تمام الزامات برای حداقل عملکرد انرژی بیان شده است. انطباق فناوری IoT در صدور گواهینامه ساختمان و بررسی انطباق می تواند بازرسی ها را

* **Corresponding author:** کارشناسی ارشد، مهندسی برق
Email: mohammadrezamohammadiyan۲۸@yahoo.com

تسهیل کند. اتحادیه اروپا با اقدام در این راستا و مایل به تضمین امنیت انرژی، رقابت و پایداری اروپا، یک طرح پیاده‌سازی تدریجی نهاد شهرهای هوشمند در کشورهای عضو آن را پیشنهاد می‌کند. این راه حل ها در ارتباط با فناوری های اینترنت اشیاء ساختار یافته اند. طبق قانون اروپا [۱]، اتحادیه اروپا به کشورهای عضو می‌گوید که هدف اتحادیه برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را به میزان ۳۰ درصد کمتر از سطح ۲۰۰۵، در سال ۲۰۳۰ (دوره اولیه از ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰) و این سهم هر یک را محقق کنند. کشور عضو سالانه ارزیابی خواهد شد.طبق دستورالعمل EU [۲]/۸۴۴/۲۰۱۸، اتحادیه اروپا با توجه به اینکه تقریبا ۵۰٪ از انرژی مصرفی نهایی اتحادیه برای گرمایش و سرمایش استفاده می شود، که ۸۰٪ از آن استفاده می شود، نیاز به کربن زدایی "ذخایر ساختمانی" خود را نشان می دهد. در ساختمان ها هدف اتحادیه پیروی از استراتژی‌های نوسازی است که به کارایی انرژی و منابع انرژی تجدیدپذیر اولویت می‌دهند تا ساختمان‌های موجود را به ساختمان‌هایی با انرژی تقریباً صفر تبدیل کنند. در این راستا، اتحادیه اروپا همه کشورهای عضو را مجبور می‌کند تا اقداماتی را پیشنهاد کنند [۲] به منظور تحقق هدف اتحادیه، به این معنا که این اقدامات باید بر روی سیستم‌های فنی متمرکز شوند که نیاز به انرژی در یک ساختمان را کاهش می‌دهند. علاوه بر این، کمیسیون اروپا به منظور اندازه‌گیری صرفه‌جویی در انرژی، اعمال معیار و تحقق انعطاف‌پذیری تبدیل به فرآیندهای ساختمان‌های انرژی تقریباً صفر، باید تا تاریخ ۲۰۱۹/۱/۳۱ با ایجاد یک قانون تفویض شده تصویب کند. یک شاخص مشترک اتحادیه برای رتبه‌بندی [۲] در تمام استراتژی‌های نوسازی کشورهای عضو اعمال می‌شود، به منظور نتیجه‌گیری پیشرفت برای هر کشور عضو در مورد تبدیل به شهر هوشمند، با توجه به ارزیابی ۲۰۱۹ دومین استراتژی های نوسازی بلندمدت [۳] تحت دستورالعمل بهره وری انرژی (EED) [٤]، در مورد استراتژی هایی که در سال ۲۰۱۷ از ۳۰ کشور عضو ارائه شد، ۲۷ استراتژی از ۳۰ به طور کامل یا تقریباً در نظر گرفته شدند. مطابقت کامل با دستورالعمل بهره وری انرژی، از آنجایی که برای بهینه سازی انرژی و نوسازی ساختمان های موجود و ۳ استراتژی غیر منطبق در نظر گرفته شده است، اینترنت انرژی که پیاده‌سازی اینترنت اشیا در سیستم‌های انرژی توزیع‌شده است، می‌تواند با استفاده از ابزارهای اینترنت اشیا مانند فناوری ابری و شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN)در این مسیر کمک میکند. این دستگاه‌های حسگر که به‌صورت بی‌سیم متصل هستند، می‌توانند با یکدیگر و با اینترنت [۵] ارتباط برقرار کنند، می‌توانند اندازه‌گیری‌ها را انجام دهند و داده‌ها را از تمام سیستم‌های فنی ساختمان از راه دور و به‌طور خودکار جمع‌آوری کنند. سپس این اطلاعات می تواند با استفاده از فناوری ابر در یک پایگاه داده ذخیره میشود و همچنین به منظور نظارت بر مصرف انرژی ساختمان، مشاهده اتلاف انرژی احتمالی، نتیجه گیری در مورد عملکرد انرژی و بررسی تأثیر منفی یا مثبت آن در دسترس مسئولان قرار گیرد. هر ساختمان به نشانگر آمادگی هوشمند. در نتیجه می‌توان راه‌حل‌هایی را برای بهبود بهره‌وری انرژی ساختمانی که مورد بازرسی قرار می‌گیرد پیشنهاد کرد. نتیجه این روش این است که همه ساختمان‌ها به تدریج قادر خواهند بود تا به ساختمان‌هایی با انرژی تقریباً صفر تبدیل شوند و به طور مداوم در جدول زمانی مشخص میشوند. برخلاف پیشنهادهای تکنولوژیکی قوانین اروپایی که ممکن است همه آنها در واقعیت برای شهرهای هوشمند قابل اجرا و کاربردی نباشند، به دلیل قوانین، در این مقاله سهم ما این است که یک تحقیق مبتنی بر قوانین جهانی را ارائه می‌کنیم، ما سعی می کنیم با انتخاب از پیشینه فناوری، فناوری های قابل اجرا و مطابق با قانون، یک الگوی ساختمان فناوری هوشمند را مطابق چارچوب قانونی ذکر شده در بالا ایجاد کنیم. این الگوی ساختمان فناوری هوشمند یک معماری مبتنی بر حسگر خواهد بود که از عملکرد سیستم های فنی مصرف کننده انرژی پشتیبانی می کند. کل این ساختمان هوشمند توسط یک سیستم مدیریت هوشمند با هدف دستیابی به بهره وری انرژی کنترل می شود. علاوه بر این، برای ساختمان‌های موجود، با توجه به شاخص آمادگی هوشمند و با در نظر گرفتن هدف قوانین جهانی برای تبدیل تدریجی ساختمان‌ها به ساختمان‌های هوشمند، که قبلاً در ادبیات مورد توجه قرار نگرفته است، و همچنین با در نظر گرفتن بهبود گواهینامه ساختمان و بررسی انطباق ساختمان‌های موجود از نظر عملکرد

انرژی، ما سعی می‌کنیم یک سیستم مدیریتی ایجاد کنیم که مصرف انرژی سیستم‌های فنی ساختمان را از راه دور بررسی میکند و در صورت ناکارآمدی انرژی راه‌حل‌هایی پیشنهاد میکند. به این ترتیب حضور آنی بازرس در ساختمانی که اندازه گیری های آنی و تقریبی سیستم های فنی را منعکس می کند، با احتمال خطای اساسی، می تواند با اندازه گیری های از راه دور و پیوسته در شرایط مختلف جایگزین میشود که در ادبیات به آن توجه نشده است. همه موارد ذکر شده در بالا با توجه به استانداردهای جهانی، چارچوب قانونی معرفی شده برای شهرهای هوشمند و با هدف بهبود رفاه در جوامع اروپایی توسعه خواهند یافت. این مقاله به دنبال یک روش کیفی و کتابشناختی است تا اقداماتی را برای مشکل اتلاف انرژی فهرست کند. بقیه مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است؛ در بخش ۲ مروری بر تحقیقات مرتبط در مورد راه حل های هوشمند برای ساختمان های هوشمند که از فناوری هوشمند و راه حل های اینترنت اشیا برای دستیابی به بهره وری انرژی استفاده می کنند، وجود دارد. بخش ۳ یک الگوی فناوری هوشمند برای یک ساختمان از نظر فناوری هوشمند و بهره وری انرژی پیشنهاد می کند. بخش ۴ روشی بهینه برای نظارت بر مصرف انرژی در ساختمان های موجود را مورد بحث قرار می دهد. این می تواند یک رویکرد از راه دور و خودکار برای نظارت بر یک ساختمان و برای کاهش مصرف انرژی ناشی از عملکرد آن باشد. همچنین در این بخش پیشنهاداتی برای کنترل تلفات انرژی در ساختمان های موجود بیان شده است. آخرین اما نه کم اهمیت، بخش ۵ نتیجه گیری مقاله فعلی و امکانات جدیدی را برای توسعه کار آینده پیشنهاد را ارائه می دهد.

۲. سوابق تحقیق

برای هدف این مطالعه، ادبیات قبلی منتشر شده در زمینه ساختمان‌های هوشمند، بهره‌وری انرژی و فناوری اینترنت اشیا را مرور و تحلیل می‌کنیم تا تمام فناوری‌های معرف در مورد گرما، تهویه، سیستم‌های تهویه هوا ((HVAC، انرژی‌های تجدیدپذیر را جمع‌آوری میکنیم. سیستم‌ها ((RES، سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان ((BEMSو به طور کلی روش‌های کارآمد انرژی قابل اجرا در ساختمان‌های هوشمند می باشند. روشی که ما دنبال می کنیم از ، قوانین و ادبیات جهانی به منظور پیشنهاد یک الگوی ساختمان هوشمند برای ساختمان های جدید و یک سیستم مدیریتی برای بررسی تمام سیستم های فنی در ساختمان های موجود استفاده میشود تا در تبدیل تدریجی ساختمان های موجود به ساختمان های هوشمند مشارکت داشته باشد. در [۶] ارائه شده است. مشکل تغییر بین تولید انرژی و تقاضای انرژی گرمایشی با استفاده از پانل های مواد تغییر فاز ایزوله در داخل دیوارهای ساختمان و یک سیستم گرمایشی که از مدار آب گرم پمپ شده است برای بارگذاری صفحات مواد تغییر فاز استفاده می کند. گرمای ذخیره شده در مواد تغییر فاز به دلیل افزایش سطح تبادل حرارتی توسط مواد تغییر فاز دهنده رسانایی حرارتی کم و ادغام آن در میکروکپسول ها و به دلیل برگشت گرما که با انتقال اجباری کنترل می شود به دست می آید. با استفاده از سنسورها می توان دمای اتاق را پایش کرد و از طریق پیش بینی آب و هوا دمای هوای بیرون را ارائه کرد تا کارایی سیستم بررسی شود. ۱۰-۱۵٪ صرفه جویی در انرژی، توزیع سریع گرما در صورت درخواست و در نتیجه راحتی برای کاربران داخل ساختمان را تضمین می کند. در [۷] استفاده از تصاویر حرارتی برای تشخیص مشکلات عایق یک ساختمان پیشنهاد شده است. این روش واریانس دما را در یک ساختمان با تصاویر حرارتی بخش‌های ساختمان شناسایی می‌کند. ثابت شده است که تغییرات بیشتر دما به معنای عایق ضعیف یا آسیب در سطوح دیوار است. یک دوربین FLIROne و یک تلفن هوشمند اندرویدی برای جمع‌آوری ۵۰ تصویر حرارتی از داخل و خارج ساختمان استفاده شده است که مشکلات رطوبتی، مشکلات عایق‌کاری، پل حرارتی، سوراخ‌های خروجی برق را پوشش می‌دهد. محققان مشکلات عایق را با دقت ۷۵ درصد شناسایی کردند. در [۸] بیان شده است که دوام مواد مورد استفاده در دیوارهای ساختمان، مانند بتن، از طریق حسگرهای زمان واقعی اینترنت اشیا قابل نظارت است. این حسگرها داده هایی مانند رطوبت را به صورت بی سیم به یک برنامه تلفن همراه منتقل می کنند اما طول عمر

محدودی دارند. بنابراین یک سنسور مقاومتی ارزان قیمت، چاپ روی صفحه ارائه شده است که توانایی کاشت در بتن را در طول ساخت یک ساختمان دارد و اندازه‌گیری‌های زمان واقعی را برای یک عمر جمع‌آوری می‌کند. این اندازه گیری ها مربوط به درجه رطوبت بتن است که برای یک سازه حیاتی است تا از دوام اطمینان حاصل شود. این سنسور نظارت پیشگیرانه را اجرا می کند که برای ساختار یک ساختمان حیاتی است. در [۹]، یک سنسور با کیفیت هوای داخلی کم هزینه و کارآمد با انرژی که کارکرد آن آسان است، ارائه شده است. سنسور کیفیت هوای داخل ساختمان را کنترل می کند و در یک دستگاه هوشمند وجود $PM_{2,5}$، CO_2، CO و O_3 را در یک دستگاه هوشمند گزارش می دهد. این سنسور به ساکنان ساختمان، عدم وجود هوای تازه داخل ساختمان را برای گرفتن اطلاع می دهد. این یک موضوع بهداشتی است و به تهویه ساختمان، کاهش انتشار گازها و تنها با نظارت مداوم بر کیفیت هوای داخلی کمک می کند. در [۱۰] بیان شده است ، تهویه، تهویه مطبوع، روشنایی و سایر وسایل الکتریکی توسط ساکنان، بر بازده انرژی تأثیر می گذارد. بنابراین، یک مدل پیش‌بینی معرفی شده است که دقت ۹۰ درصدی را ارائه می‌کند و از ۸ حسگر برای جمع‌آوری داده‌ها در هر ۲۰ دقیقه یا ۵ حسگر برای جمع‌آوری داده‌ها در هر ۱۵ دقیقه استفاده می‌کند. داده های ساختمانی که مورد استفاده قرار می گیرند به دمای داخلی، رطوبت، سطح CO_2، وضعیت پنجره ها و درها، دمای بیرونی و رطوبت اشاره دارد و از حسگرهای مختلفی که در داخل و خارج ساختمان وجود دارند و با اشغال ساختمان مرتبط هستند، به دست می آیند. در [۱۱] بیان شده است که راه حل های هوشمند و اینترنت اشیا می توانند با نظارت و واکنش سریع به پیش بینی انفجار ناگهانی آتش سوزی کمک کنند. سیستم توصیف شده شامل یک اتصال اینترنتی برای ارتباط و کنترل بین اعلام حریق، اسپرینکلرهای واکنش سریع و آهسته، زنگ آتش، اپراتور امنیتی محلی و ماژول تبادل هوا است. سنسورهای روی آبپاش ها میزان مصرف مایعات را کنترل می کنند. می توان از یک دستگاه هوشمند برای نظارت بر کل سیستم استفاده شود، بنابراین کارکنان امنیتی می توانند هشدارها و اعلان ها را همیشه دریافت کنند. بر اساس ارتباطات اینترنت اشیا، در صورت بروز آتش سوزی، سیستم تبادل هوا فعال می شود، زنگ آتش شروع به زدن می کند، پاشش ها فعال می شوند، کل مراحل نظارت می شود و افراد مسئول از وضعیت اضطراری مطلع می شوند. در [۱۲]، پروژه ایمنی برای پیشگیری از آتش سوزی در ساختمان ها ارائه شده است. این پروژه یک سیستم پایش محیطی بوده و به صورت ۲۴ ساعته در حال فعالیت است. اجرای آن بر اساس یک سیستم اینترنت اشیا است که برای نظارت و کنترل چندین پارامتر محیطی از طریق جعبه های هوشمند سفارشی نصب شده در هر اتاق از ساختمان استفاده می شود. این سیستم از یک پلت فرم نرم افزاری کارآمد برای رسیدگی به درخواست های بسیاری از دستگاه ها استفاده می کند. همچنین تمام عناصر زیرساخت را مدیریت و نظارت می کند. جعبه هوشمند که یک دستگاه هوشمند سیستم است قادر به مدیریت چندین حسگر محیطی متصل به آن است. ۶ حسگر محیطی رطوبت، دما، مونوکسید کربن، حضور دود (حسگر PIR) را آزمایش می کند و ساختمان آتش گرفته را شناسایی می کند. این سیستم داده ها را برای ذخیره، پردازش و تجزیه و تحلیل به ابر می فرستد و از طریق یک برنامه تلفن همراه نظارت می شود. برای ادامه شرایط داخلی در یک ساختمان، ما به دنبال فناوری روشنایی بودیم. در [۱۳] یک طرح روشنایی با استفاده از دما و شدت نور اجرا شده است که افزایش راندمان توان را تا ۸۲/۷۷ درصد در روز تضمین می‌کند و با لغو استفاده از دستگاه‌های فلورسنت و کنترل توان ساکن، انتشار کربن را به حداقل می‌رساند. طرح پیشنهادی از LED ها و حسگرهایی استفاده می کند که نور و دمای اطراف را حس می کنند و سپس قدرت را به صورت دینامیکی کنترل می کنند. هنگامی که شدت نور محیطی افزایش می یابد، منبع تغذیه به صورت دینامیکی در زمان کاهش می یابد. یک سیستم روشنایی داخلی متصل در [۱۴] با فناوری‌های حسگر، کنترل و شبکه‌ای تعبیه‌شده ارائه شده است که عملیات روشنایی را بهینه می‌کند. این سیستم حسگرها، چراغ ها، کنترلرها و دروازه ها را با استفاده از اینترنت متصل می کند. لامپ های دارای سنسورهای ذکر شده در سقف به راحتی نگهداری می شوند و وضوح فضایی بالایی از داده ها را ارائه می

دهند. این داده ها بهینه سازی روشنایی و بهبود عملکرد را تضمین می کند. این سیستم از یک رابط برنامه نویسی کاربردی (APIتشکیل شده است که کاربران را قادر می سازد تنظیمات سیستم روشنایی و یک رابط برنامه نویسی برنامه داده برای نظارت بر سیستم و داده های روشنایی را کنترل کنند. با تمرکز بر شرایط داخلی ساختمان، ما به مدیریت تامین حرارت خودکار که در [۱۵] اشاره شده است، ادامه می دهیم که دمای یک ساختمان را با دقت بهینه می کند. این روش مبتنی بر بستر اینترنت اشیا، کاهش هزینه ها و دمای راحت را برای ساکنین تضمین می کند. این سیستم از طریق حسگرهایی که در داخل و خارج ساختمان قرار دارند، اطلاعات (دما، آب و هوا، باد، فشار) را جمع‌آوری می‌کند، به‌صورت بلادرنگ و از طریق ۳ لایه نقشه حرارتی ساختمان را تولید می‌کند و با تجزیه و تحلیل یک دوقلو دیجیتالی از ساختمان می‌سازد. تمام داده های جریان جمع آوری شده از حسگرها. سیستم فتوولتائیک انرژی خورشیدی (PVبرای ادامه استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر که می توانند در یک ساختمان به منظور کاهش انتشار گاز و مصرف برق مورد استفاده قرار میگیرند، امکان ذخیره انرژی خورشیدی در باتری ها را برای استفاده در هنگام قطع شدن شبکه برق فراهم می کند [۱۶]. سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه نیز وجود دارد که یک سیستم برق خورشیدی بدون باتری است و اینها ساده ترین و مقرون به صرفه ترین سیستم ها برای نصب در یک ساختمان هستند. در [۱۷] یک ژنراتور فتوولتائیک (PVارائه شده است که به واحدهای ذخیره سازی متصل است و بارهای الکتریکی و تقاضای حرارتی را به منظور تبدیل به الکتریکی با استفاده از پمپ های حرارتی تامین می کند. هدف سیستم به حداکثر رساندن خودکفایی و به حداقل رساندن استفاده از شبکه است. سنسورهایی در اتاق های ساختمان به کار می روند تا تبادل انرژی بین آنها را کنترل کنند. نویسندگان می گویند که برای ارزیابی اندازه باتری ها و هزینه ها باید یک شبیه سازی انرژی به صورت سالانه انجام میشود و هدف آینده این سیستم دستیابی به خودکفایی سالانه به جای هفت ماه در سال است. (از آوریل تا اکتبر). در [۱۸] نمونه اولیه ساختمان‌های انرژی تقریباً صفر با استفاده از حسگرهای بی‌سیم برای دستیابی به اتوماسیون خانگی با اینترنت اشیا توسعه داده شده است. مفهوم ساختمان‌های انرژی تقریباً صفر، که شامل استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر (مانند خورشیدی)، کنترل‌کننده‌های هوشمند پیکربندی شده با آردوینو و فناوری اینترنت اشیا مانند سنسورها (سنسور نور و سنسور دما) و همچنین یک برنامه تلفن همراه است، تضمین می‌کند که انرژی خالص مصرف شده از شبکه برق در یک دوره زمانی (ماهانه/سالانه) به صفر نزدیک می شود زیرا انرژی خالص تفاوت انرژی وارد شده از شبکه به انرژی صادر شده به شبکه در یک دوره زمانی معین است. بنابراین، سنسورها سطح روشنایی و دمای اتاق را اندازه گیری می کنند و اندازه گیری ها را ارسال می کنند تا تقاضای الکتریکی را کنترل کنند. در [۱۹] مدلی که برای بهره وری انرژی با استفاده از سیستم کنترل فازی پیشنهاد شده است، به کاهش نرخ جریان آب بدون ایجاد اختلال در آسایش ساکنان ساختمان دست می یابد. این مدل برای ساختمان هایی با سیستم گرمایش مرکزی مناسب است و از فناوری هوش مصنوعی در هر اتاق استفاده می کند. مزیتی که این روش ارائه می دهد این است که با اتاق های هوشمند و کنترل هوشمند، اتاق های استفاده نشده با آب گرم تامین نمی شوند و بنابراین کالری گرما به طور موثرتری توزیع می شود و کارایی انرژی حاصل می شود. در [۲۰] یک سیستم کنترل هوشمند آب گرم ارائه شده است که به طور خودکار بر اساس داده های اینترنت اشیا انجام می شود. این بدان معناست که کنترل سیستم گرمایش آب گرم زمان های گرمایش را با داده های جمع آوری شده از رفتار کاربر تطبیق می دهد و این منجر به صرفه جویی در انرژی می شود. مدل‌های توسعه‌یافته مبتنی بر فرآیندهای گاوسی و شبکه‌های عصبی هستند و قرار است برنامه‌های گرمایش بهینه‌سازی شده را محاسبه میکنند که منجر به صرفه‌جویی قابل‌توجه در انرژی (بین ۲۰ تا ۳۴ درصد انرژی مصرف‌شده با یک برنامه پیش‌فرض صرفه‌جویی می‌شود) برای همه کاربران در یک دوره آزمایشی از شش ماه می باشد. در [۲۱] نمونه اولیه ارائه شده امکان نظارت از راه دور مصرف برق در یک خانه را بر اساس یک برنامه کاربردی تحت وب با استفاده از فناوری XBee می دهد که امکان اجرای یک شبکه حسگر بی سیم با کارایی

انرژی و مصرف کم و یک پروتکل برای ارتباطات داده را فراهم می کند. این یک سیستم بلادرنگ است که داده ها را بر اساس مناطق جمع آوری می کند تا تغییرات مصرف در هر اتاق را با فواصل زمانی ۱ دقیقه ای بررسی میکند و نتایج در یک پایگاه داده در فضای ابری ذخیره می شود. XBee به عنوان یک هماهنگ کننده در سیستم عمل می کند و داده ها را از ۴ حسگر Mmod جمع آوری می کند، که جریان مصرف شده توسط وسایل الکتریکی و ولتاژ منبع تغذیه را حس می کند و آن را به کامپیوتر مشتری منتقل می کند، بنابراین می تواند آن را به ابر ارسال کند. این برنامه وب متوجه مصرف غیر ضروری برق می شود، اتلاف انرژی را به حداقل می رساند و تقاضای برق را جابجا می کند. یک سیستم هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا قادر به کنترل تهویه مطبوع به منظور ایجاد یک محیط داخلی راحت از نظر حرارتی با نظارت بر دما و رطوبت هوا در داخل یک اتاق در [۲۲] ارائه شده است. سیستم با قرار دادن حرارتی کاربر از -۱ تا +۱ با کاربر تعامل خواهد داشت. همراه با داده‌های حسگرها، اطلاعات با یک الگوریتم مبتنی بر میانگین رای پیش‌بینی‌شده (PMVدر سرور ادغام می‌شوند تا ساکنین بتوانند با کنترل هوشمند AC، را احساس کنند. طبق [۲۲]، سیستم دارای سه متغیر ورودی است که عبارتند از ترجیح PMV کاربر (۱- تا ۱+)، رطوبت (از ۴۰٪ تا ۹۰٪) و دمای اتاق (از ۱۹ درجه سانتیگراد تا ۳۴ درجه سانتیگراد) و دو خروجی. متغیرهایی که دمای) ACاز ۱۷ درجه سانتیگراد تا ۲۶ درجه سانتیگراد) و سرعت فن (از ۰,۱ متر بر ثانیه تا ۰,۵ متر بر ثانیه) هستند. در نهایت از نرم افزار آردوینو برای برنامه نویسی سیستم استفاده می شود. یک سیستم مدیریت ساختمان که به کاهش مصرف انرژی و بهینه سازی کنترل روشنایی و تهویه مطبوع (Heat Ventilation Air Conditioning)دست می یابد در [۲۳] ارائه شده است. سنسورهای مادون قرمز غیرفعال برای پیش بینی حضور ساکنان در هر اتاق پیشنهاد شده است. سنسورهای دما و رطوبت، روشنایی، خنک کننده هوا و رطوبت را در یک اتاق تنظیم می کنند. یک سنسور شتاب درها و پنجره ها را در صورت شکستن شیشه پنجره یا باز شدن پنجره در اتاقی که ساکنین آنها نیستند، کنترل می کند. از طریق سنسور نور و به منظور کاهش مصرف برق، در صورت خالی بودن اتاق ها، چراغ ها به طور خودکار خاموش می شوند. این سیستم زمان واقعی، مقرون به صرفه و خودکار را می توان با استفاده از یک رابط وب برای کنترل گره های محرک که سیستم های HVAC و روشنایی ساختمان، رطوبت گیرها، کولرهای هوا و هشدارهای امنیتی را کنترل می کند، پیکربندی کرد. در نهایت، محاسبات ابری مسئول ذخیره داده ها، تجزیه و تحلیل و توسعه اقدامات، و تجسم داده ها برای اطمینان از مدیریت کارآمد ساختمان است. روش ارائه شده در [۲۴] کم هزینه است و به عنوان یک برنامه کاربردی در سیستم مدیریت انرژی ساختمان (BEMSپیاده سازی شده است. از فناوری‌های اینترنت اشیا و چارچوب یادگیری «یک پلاگین و بازی» برای شناسایی خودکار مدل حرارتی هر منطقه حرارتی در یک ساختمان استفاده می‌کند. این مدل حرارتی از یک چارچوب یادگیری با خوانش دمای با وضوح پایین از ترموستات‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا متصل به ابر استفاده می‌کند. با توجه به مدل پیش‌بینی گرادیان دمای داخلی، دمای داخل را می‌توان با استفاده از یک الگوریتم پیش‌بینی کرد. یکی از ورودی ها، برنامه عملیاتی واحدهای AC و خروجی، مشخصات دمای داخلی در چنین برنامه کاری است. یک سیستم چند HVAC که از مجموعه ای از زیرسیستم های) HVACپمپ های حرارتی، چیلرها، برج های خنک کننده یا بویلرها) تشکیل شده است در [۲۵] ارائه شده است. این پیشنهاد با سیستم‌های چند HVAC یا تک HVAC، هم متمرکز و هم توزیع شده، سازگار است. این رویکرد نیازی به سرمایه گذاری در تغییر تاسیسات HVAC موجود یا طراحی مجدد ساختمان ندارد. سیستم چند HVAC از زیرسیستم های HVAC برای تولید گرمایش یا سرمایش تشکیل شده است. ACODAT برای مدیریت سیستم های چند تهویه مطبوع ساختمان با توجه به عملکرد بهینه استفاده می شود که صرفه جویی در انرژی را با بالاترین راحتی ممکن در داخل ساختمان به حداکثر می رساند. این سیستم چند HVAC را برای انجام این عملیات بهینه با) BMSکه داده های حس شده از محیط را برای به دست آوردن حالت عملیاتی بهینه در یک لحظه مشخص

تجزیه و تحلیل می کند) و ماژول های کنترل (برای کنترل زیرسیستم های HVAC فعال) تطبیق می دهد. ماژول اول ترکیب های مختلف سیستم های فرعی HVAC را بررسی می کند و بهترین را برای شرایط فعلی انتخاب می کند. سپس ماژول دوم تصمیم گرفته شده را به ماژول های کنترل و BMS تطبیق می کند. مدیریت ACODAT کنترل، پیش بینی، برنامه ریزی، سازماندهی و بهبود مصرف انرژی، آسایش داخلی و عملکرد تجهیزات را انجام می دهد. یک پیشنهاد جدید کنترل پیش‌بینی مدل توزیع‌شده ((MPCدر [۲۶] ارائه شده است که مصرف انرژی و هزینه‌های صورت‌حساب را کاهش می‌دهد و برای ساکنان ساختمان تضمین می‌کند. مدل توصیف شده از یک پمپ حرارتی متصل به ذخیره انرژی حرارتی، یک واحد مصرف کننده (به عنوان مثال یک ساختمان) و منابع انرژی تجدید پذیر استفاده می کند. نویسندگان یک زیرسیستم متشکل از دو جزء را در نظر می گیرند: ذخیره سازی حرارتی همراه با پمپ حرارتی و شبکه الکتریکی همراه با پانل های فتوولتائیک و پمپ حرارتی. استفاده از ذخیره‌سازی انرژی حرارتی ((TESاین فرصت را می‌دهد تا با ذخیره‌سازی انرژی در شرایط حرارتی در ساعات شلوغی، تقاضا را به روشی اقتصادی برآورده میکند. این راه حل از کنترل کننده های پیش بینی کننده استفاده می کند که داده ها را به منظور بهینه سازی انرژی مصرف شده مبادله می کند. یک مدل کنترل پیش‌بینی داخل ساختمان را به گونه‌ای برآورده می‌کند که دمای ذخیره‌سازی حرارتی از دمای ورودی پیش‌بینی‌شده مورد نیاز اتاق پیروی می‌کند و مدل دیگر کنترل پیش‌بینی‌کننده تصمیمات کنترل اقتصادی را برای بهینه‌سازی هزینه نگهداری ذخیره‌سازی انرژی حرارتی در دمای درخواستی که برآورده می‌کند، اتخاذ می‌کند. نتایج نشان می دهد که هدف با ۳۷ درصد صرفه جویی در هزینه و ۱۵ درصد صرفه جویی در انرژی بار محقق می شود.

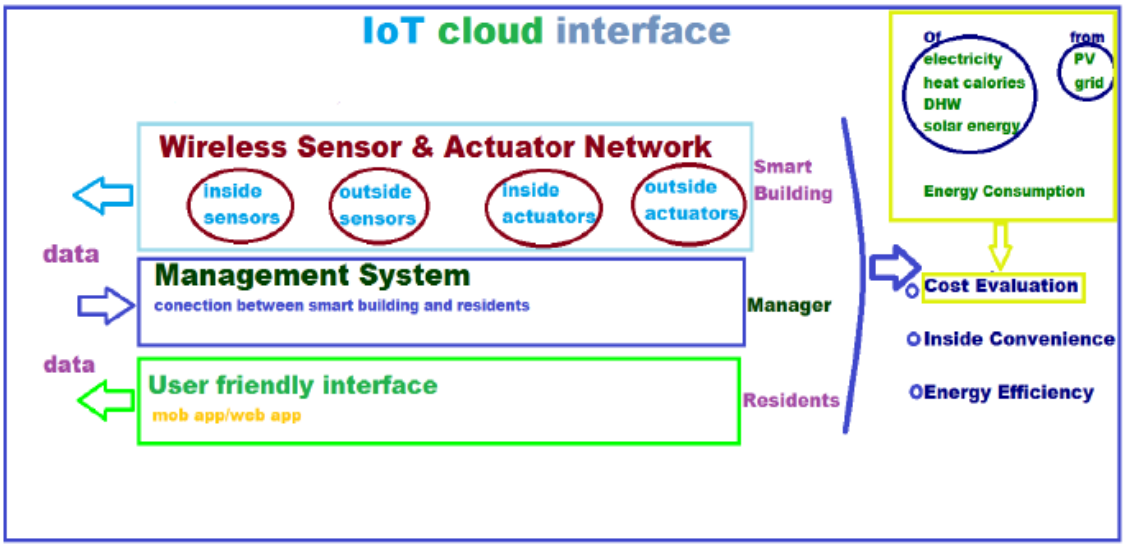
۳. یک الگوی ساختمانی با فناوری هوشمند

در این بخش پیشنهادی از یک الگوی فناوری هوشمند برای یک ساختمان از نظر فناوری و بهره وری انرژی ارائه شده است. الگوی پیشنهادی، به شکل ۱، یک معماری مبتنی بر حسگر می باشد که از عملکرد سیستم‌های فنی مصرف‌کننده انرژی با هدف دستیابی به کارایی انرژی در یک ساختمان و ایجاد رفتار آگاهانه از محیط زیست برای ساکنان آن پشتیبانی می‌کند. کل ساختمان هوشمند توسط یک سیستم مدیریت هوشمند کنترل می شود که ارتباط بین ساختمان و ساکنان آن است. سیستم مدیریت انرژی ساختمان ((BEMS، با یک حسگر بی سیم و شبکه محرک به منظور جمع آوری داده ها از محیط داخلی و خارجی اطراف تعامل دارد. سپس داده ها را در ابر ذخیره می کند و سپس از آن داده ها برای کنترل محرک ها و سیستم های فنی استفاده می کند. بنابراین، سیستم مدیریت انرژی ساختمان و هدف آن نظارت و هماهنگی کلیه سیستم‌های فنی، ارائه هشدارها و اعلان‌ها، اعمال تنظیمات و ابداع استراتژی‌هایی با هدف ارزیابی مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های انرژی و ارائه تسهیلات داخلی به ساکنین است. ساختمان هوشمند در مرحله اول، راه حل برای اطمینان از بهره وری انرژی در یک ساختمان بر روی پوشش یک ساختمان متمرکز است تا با مشکلات عایق مواجه شود. بتن عمده ترین مصالح ساختمانی مورد استفاده در صنعت ساختمان است. در [۲۷] نویسندگان پیشنهاد می کنند: دیوارهای بلوک بتنی ۱۴۰ میلی متری که گچ کاری شده اند، پلی استایرن ۳۵۰ میلی متری برای عایق کاری سقف، بتن ۲۰۰ میلی متری برای کف های اکسپوز و کف داخلی و برای پله ها و پارتیشن های داخلی بتنی ۱۰۰ میلی متری، در به منظور رفع مشکلات عایق کاری در آخرین هنر، به مصالح ساختمانی مبتنی بر زیستی مانند بتن کنفی اشاره می شود. طبق [۲۸] کنف یک منبع تجدیدپذیر است که CO_2 را ذخیره می کند و بنابراین در کاهش انتشار گازها کمک می کند. علاوه بر این، مواد هوشمند در [۲۹] توضیح داده شده است که توانایی پاسخگویی به تغییرات محیطی را دارند که در معرض آنها قرار دارند، مانند فشار، دما و باد. بتن ماده ای کم هزینه و به راحتی در دسترس است، اما در شرایط سخت محیطی تمایل به ترک خوردگی دارد و در نتیجه طول عمر سازه را کاهش می دهد. نویسنده نوع جدیدی از بتن هوشمند را توصیف می‌کند که در تماس با آب، سنگ آهک ایجاد می‌کنند، ترک‌ها را پر می‌کنند و در نتیجه یک مکانیسم ترمیم خود ترمیم

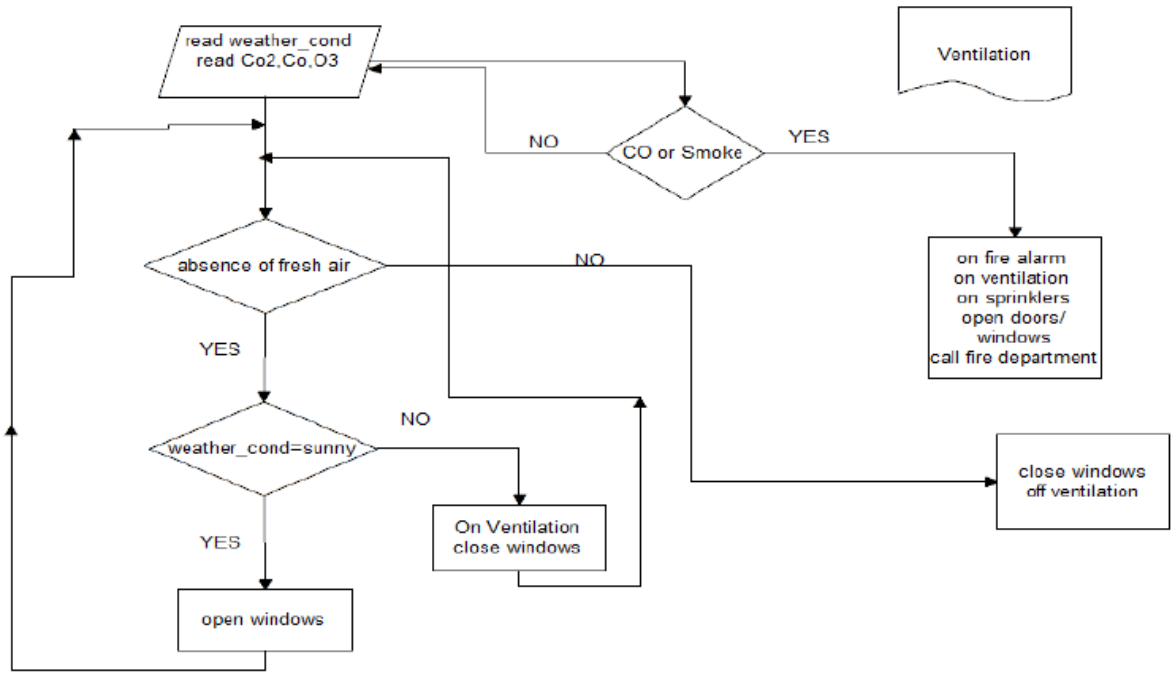
ایجاد می‌کنند. بنابراین، بتن هوشمند باعث افزایش طول عمر سازه و کاهش هزینه ساختمان می شود. نوع دیگری از مواد هوشمند در [۲۹] ذکر شده است، آئروژل هایی که رسانایی حرارتی پایینی دارند و بنابراین می توان از آنها در ساخت و ساز ساختمان، تصفیه هوای داخل ساختمان و تاخیر در آتش استفاده کرد. آنها همچنین دارای خاصیت عایق، خاصیت کند کنندگی صدا و حرارت هستند. در نهایت در [۲۹] بتن شفاف توضیح داده شده است. این بتن است که حاوی فیبر نوری در داخل است. برای ساختن دیوارهای داخلی اتاق به عنوان آشپزخانه، آئروژل هایی را پیشنهاد می کنیم که از تصفیه هوا، تاخیر در آتش و خاصیت کند کنندگی صدا اطمینان می دهند. ما همچنین پیشنهاد می‌کنیم که سنسور مقاومتی کم‌هزینه، چاپ‌شده روی صفحه که در [۸] ارائه شده است، باید در طول ساخت ساختمان در بتن کاشته شود تا نظارت پیشگیرانه با جمع‌آوری اندازه‌گیری‌های زمان واقعی برای وضعیت بتن و ارسال انجام شود. این اطلاعات برای تجزیه و تحلیل بیشتر و نتیجه گیری در طول عمر ساختمان می رسد. علاوه بر این، سنسورهایی باید بر روی دیوارهای خارجی ساختمان نصب شوند تا دما و رطوبت بیرون را حس کنند. در نهایت، پیشنهاد میشود از منابع انرژی تجدیدپذیر (RES) برای بهینه‌سازی عملکرد یک ساختمان هوشمند استفاده میشود. با نصب سیستم های فتوولتائیک انرژی خورشیدی (PV) بر روی پشت بام ساختمان، که امکان ذخیره و بهره برداری از انرژی خورشیدی را فراهم می کند، انتشار گاز و همچنین مصرف برق کاهش می یابد. برای ادامه شرایط داخلی در یک ساختمان هوشمند، مهم ترین اطلاعات برای شروع، اشغال هر اتاق است، زیرا یک ساختمان هوشمند باید در خدمت ساکنان باشد و شرایط محیطی خود را بر اساس نیاز آنها تنظیم کند. حسگرهای داخل یک ساختمان هوشمند می‌توانند برای جمع‌آوری داده‌ها در یک بازه زمانی خاص با اشاره به دمای هر اتاق و رطوبت داخلی استفاده شوند. سنسورهای شتاب روی پنجره‌ها و درها، سیستم مدیریت انرژی در حال کار را در مورد تغییر وضعیت درها و پنجره‌ها [۲۳] و سنسورهای مادون قرمز [۳۰] یک اتاق را بررسی می‌کنند. سیستم مدیریت تمام سیستم‌های فنی را با دقت مدیریت می‌کند. سنسور کیفیت هوای داخلی که در [۹] ارائه شده است که کم هزینه و انرژی کارآمد است، هوای داخل را برای سطوح Co_2، Co، O_3 کنترل می کند و این اطلاعات را ارسال می کند. سپس، سیستم مدیریت تهویه را با توجه به سطوح عدم حضور هوای تازه و آب و هوای بیرون، روشن یا خاموش می کند. سیستم مدیریت، به شکل ۲ مراجعه میکند، پروژه ایمنی [۱۲] می تواند برای پیش بینی و مواجهه با احتمال آتش سوزی در ساختمان استفاده شود. حسگرها حضور مونوکسید کربن و دود را برای شناسایی انفجار آتش حس می کنند. اطلاعات به منظور فعال کردن اعلام حریق، تهویه، محرک‌های درها، پنجره‌ها و اسپرینکلرهای پاسخ از طریق سیستم مدیریت ارسال می‌شود. شکل ۲ را میبینید. برای ادامه سیستم فنی HVAC ساختمان هوشمند، همانطور که در بالا ذکر شده است، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر را به منظور کاهش مصرف انرژی از شبکه و جلوگیری از استفاده از سوخت فسیلی که باعث انتشار گازهایی می شود که به آلودگی کمک می کند، پیشنهاد می کنیم. از محیط زیست پانل حرارتی فتوولتائیک با نام PVT نیز در منابع انرژی تجدیدپذیر ذکر شده است و به راحتی می توان آن را بر روی سقف ساختمان نصب کرد. یک سیستم PVT [۳۴] از اجزای حرارتی فتوولتائیک و خورشیدی برای تولید برق و گرما به طور همزمان استفاده می کند و یک سیستم یکپارچه را تشکیل می دهد که قادر است نیازهای یک خانوار را به میزان کافی برآورده کند. در نتیجه، انرژی حرارتی تامین شده توسط یک سیستم PVT برای پوشش نیاز حرارتی یک ساختمان استفاده میشود. برای تامین گرمایش در یک ساختمان هوشمند، ما ذخیره انرژی حرارتی و استفاده از پمپ های حرارتی را پیشنهاد می کنیم که به صورت پویا و اقتصادی امکان شکل دهی بار و ذخیره انرژی حرارتی را در ساعات غیر اوج مصرف فراهم می کند. سیستم مدیریت از رویکرد کنترل تقاضا برای مدیریت شرایط آب و هوایی و قیمت برق پیروی می کند تا از راحتی در داخل ساختمان اطمینان حاصل کند و همچنین به بهره وری انرژی دست یابد. مخزن ذخیره حرارتی ابتدا انرژی را از یک پنل فتوولتائیک (PV) ذخیره می کند و اگر دوره اوج مصرف نباشد و مخزن ذخیره پر نباشد، انرژی را از شبکه ذخیره می کند. این انرژی

ذخیره شده در مخزن انرژی حرارتی است و سیستم مدیریت در ساعات اوج مصرف آن را برای پوشش نیازهای حرارتی آزاد می کند [۲۶]. سیستم مدیریت همانطور که در شکل ۳ توضیح داده شده است عمل می کند. مرحله ۱-شکل ۳ را مشاهد می شود. در عین حال، سیستم مدیریت، مرحله ۲-شکل ۳ را مشاهد می شود ، آب و هوا را از طریق حسگرها بررسی می کند: اگر شرایط مساعد باشد، انرژی را از پانل فتوولتائیک به مخزن ذخیره می کند. سیستم مدیریت منابع انرژی در مخزن (مخزن_ذخیره)، دمای داخل، نقطه تنظیم گرمایش از کاربر و دوره را نیز در نظر می گیرد. اگر دمای داخل برابر با نقطه تنظیم گرمایش باشد و بنابراین دمای مطلوب در داخل به دست آید و دوره اوج باشد، سیستم مدیریت قادر خواهد بود انرژی را به شبکه بفروشد، مرحله ۳-شکل ۳ را مشاهد می شود. در غیر این صورت، اگر دوره خاموشی باشد و همچنین مخزن از انرژی تامین شده از پانل فتوولتائیک پر نباشد، انرژی شبکه در مخزن ذخیره می شود، مرحله ۴-شکل ۳ را مشاهد می شود. در صورتی که توسط سنسورها به سیستم مدیریتی اطلاع داده شود که دمای داخل کمتر از نقطه تنظیم گرمایشی است که از کاربر وارد شده است ، در صورت وجود منابع انرژی در مخزن، منبع تغذیه خواهد شد. برای دستیابی به راحتی گرما در داخل، به مرحله ۵-شکل ۳ مراجعه میشود. در غیر این صورت، اگر منابع انرژی در مخزن صفر باشد، سیستم مدیریت از انرژی شبکه برای برآوردن نیازهای گرما و راحتی در داخل برای هر اتاق ساختمان استفاده خواهد کرد، مرحله ۶-شکل ۳ را مشاهد می شود. در تابستان سرمایش برای شرایط داخلی ساختمان و آسایش ساکنین اهمیت زیادی دارد. همچنین واضح است که تامین گرما از سیستم PVT بیش از تقاضای گرما است که احتمالاً به صفر می رسد. بنابراین، یک سیستم خنک کننده، که از تهویه مطبوع توسط یک چیلر جذبی استفاده می کند که از گرمای اضافی پانل های PVT استفاده می کند، برای تهویه مطبوع ساختمان هوشمند پیشنهاد شده است [۳۴]. عملکرد سیستم پیشنهادی این است که چیلر جذبی گرمای اضافی یک پانل PVT را برای تولید آب سرد می گیرد که می تواند برای برآوردن تقاضای خنک کننده ساختمان استفاده شود. بنابراین، محیط داخلی راحت حرارتی در یک ساختمان هوشمند به روشی کارآمد انرژی تضمین می شود. اقدامات سیستم مدیریت در شکل ۴ آمده است. سیستم مدیریت سنسورهای مادون قرمز را برای بررسی در یک اتاق، سنسورهای شتاب برای بررسی وضعیت درها و پنجره ها و همچنین سنسورهایی که دما و رطوبت داخل و خارج را اطلاع می دهند در نظر می گیرد. . سپس تصمیم به صورت پویا و با توجه به بهره وری انرژی، خاموش یا روشن کردن تهویه مطبوع و حتی بستن پنجره ها و درها گرفته می شود. ما همچنین پیشنهاد می‌کنیم که سیستم مدیریت باید با کاربر تعامل داشته باشد. در مورد DHW، سیستم مدیریت باید با بررسی اطلاعات داده شده از حسگرهای مادون قرمز، اشغال یک اتاق را در نظر بگیرد و منبع آب گرم را در هر اتاق استفاده نشده قطع کند، مرحله ۲-شکل ۵ را مشاهد می شود. به این ترتیب کالری گرمایی صرفه جویی می شود و بهره وری انرژی حاصل می شود. ما همچنین پیشنهاد می کنیم در یک ساختمان هوشمند از سیستم گرمایش آب خورشیدی ((SWHاستفاده میشود، که ساختاری است که انرژی خورشیدی را به انرژی حرارتی منتقل می کند [۳۳]. این سیستم از یک کلکتور تخت خورشیدی، یک مخزن ذخیره برای آب گرم و پمپ های حرارتی استفاده می کند. پیشنهاد ما این است که یک بخاری برقی که در غیاب انرژی خورشیدی انرژی گرمایی تولید می کند، برای قابل اعتماد بودن سیستم حرارتی مفید خواهد بود. رویکردی که این سیستم دنبال می‌کند، رویکرد کنترل تقاضا است که هدف آن به حداکثر رساندن کاربرد انرژی خورشیدی است، زیرا این رویکرد ابتدا از انرژی خورشیدی برای گرم کردن آب استفاده می‌کند و انرژی خورشیدی مازاد را ذخیره می‌کند، مرحله ۳-شکل ۵ را در مخزن مشاهد می شود. استفاده در آینده تنها زمانی که منابع انرژی خورشیدی تمام میشود، بخاری برقی روشن می شود، مرحله ۴-شکل ۵ را مشاهد می شود ، توسط سیستم مدیریت و بنابراین هزینه برق کاهش می یابد و در انرژی صرفه جویی می شود. تا آنجا که چگونه می توان در مصرف انرژی الکتریکی صرفه جویی کرد، ما استفاده از سوکت های هوشمند را در یک ساختمان هوشمند برای کنترل مستقل و از راه دور تمام دستگاه های الکتریکی پیشنهاد می کنیم

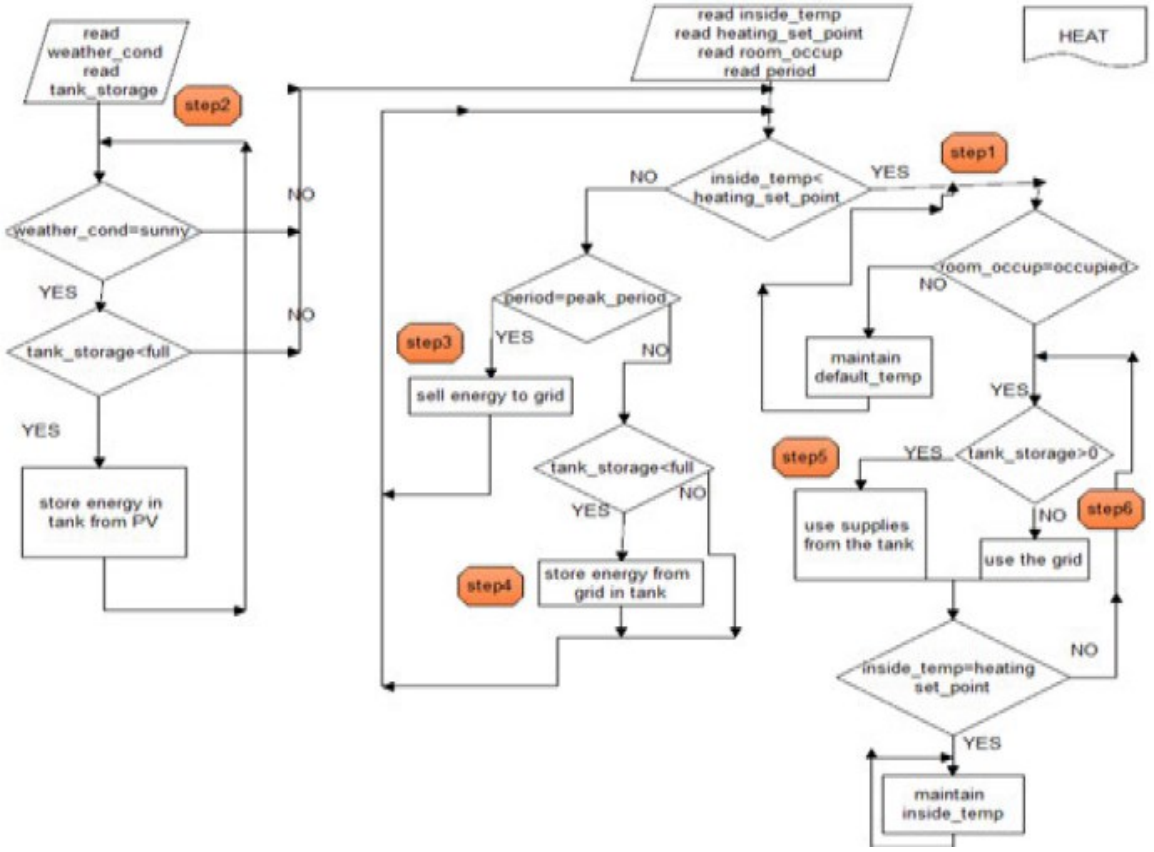
[۳۱]. ما پیشنهاد می کنیم که وقتی حسگرهای مادون قرمز سیستم مدیریت را برای یک اتاق خالی از سکنه اطلاع دهند، به مرحله ۱-شکل ۶ مراجعه کنید، سپس برق تمام وسایل الکتریکی که به پریزها وصل شده اند قطع میشود، حتی اگر آنها خاموش باشند. در حالت آماده به کار ما همچنین استفاده از سیستم بلادرنگ [۲۱] را پیشنهاد می‌کنیم که داده‌ها را از حسگرهایی که جریان مصرف‌شده را حس می‌کنند، به مرحله ۳-شکل ۶، توسط وسایل الکتریکی و ولتاژ تغذیه، جمع‌آوری می‌کند تا تغییرات مصرف را در هر یک از آنها نظارت کند. اینها با هدف دستیابی به صرفه جویی در انرژی الکتریکی در طول عملکرد روزانه ساختمان پیشنهاد شده اند. تا آنجا که به برقی شدن ساختمان مربوط می شود، یک سیستم PVT ساختمان را برق می اندازد و انرژی الکتریکی از شبکه فقط در صورتی استفاده می شود که برق از سیستم PVT تمام میشود، مرحله ۲-شکل ۶ را مشاهد می شود. ما به چراغهایی ادامه می‌دهیم که برای راحتی سرنشینان اهمیت زیادی دارند و باید عملکرد بهینه را ارائه دهند، اما مصرف انرژی را نیز کاهش میدهد. در ابتدا، ما استفاده از چراغهای LED را برای کل محوطه ساختمان پیشنهاد می‌کنیم. ما سنسورهایی را برای حس کردن شدت نور در هر اتاق ساختمان پیشنهاد می‌کنیم و سیستم مدیریت نیز باید شدت نوری را که کاربر در سیستم وارد می‌کند، ایده‌آل در نظر بگیرد. ادغام محرک های نور در چراغ ها، هنگامی که سیستم مدیریت از حسگرهای مادون قرمز برای یک اتاق خالی مطلع می شود، چراغ ها را خاموش می کند تا از صرفه جویی در مصرف اطمینان حاصل میشود. علاوه بر این، سنسورهای نور باید بر روی دیوارهای خارجی ساختمان نصب شوند تا نور اطراف را حس کنند. هنگامی که سیستم مدیریت از نور اطراف آگاه شد، می توان جهت بازکردن پرده ها از طریق محرک ها و همچنین سایبان ها [۳۲] به طوری که نور خورشید وارد شده، LED ها را خاموش کرد و در نتیجه در مصرف انرژی صرفه جویی کرد شکل۷، دستور داد. مهمترین عنصر این الگوی ساختمان هوشمند، شبکه حسگر و محرک بی سیم است. همانطور که در بالا به تفصیل توضیح داده شده است، این شبکه در شکل ۸ متشکل از حسگرهای داخلی و خارجی است که شرایط اطراف را حس می کنند و محرک های داخلی و خارجی که در جهت سیستم مدیریت انرژی ساختمان عمل می کنند. هر حسگر یک حالت اولیه دارد که پس از سنجش به حالت نهایی تغییر می کند. این امر پس از یک بازه زمانی مشخص که از سوی کاربر سیستم مدیریت تعریف می شود، اتفاق می افتد. با توجه به ارزش هر استان، سیستم مدیریت تمام سیستم های فنی را به سمت تنظیم سوق می دهد. به طور خلاصه، سیستم مدیریت پیشنهادی برای یک ساختمان هوشمند در نظر دارد با اطمینان از راحتی داخلی آنها و کاهش هزینه های عملکرد آنها با قطع برق در تمام سیستم های فنی در صورت وجود اتاق های خالی، ارزشی را به ساکنان ارائه میدهد. همچنین با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و جایگزینی سیستم های فنی غیرقابل اعتماد موجود، به صرفه جویی در انرژی دست می یابد. در نهایت، انتشار گاز را کاهش می دهد، که برای محیط زیست حیاتی است، و همچنین در مورد شهرهای با ساختمان های کارآمد می باشد.



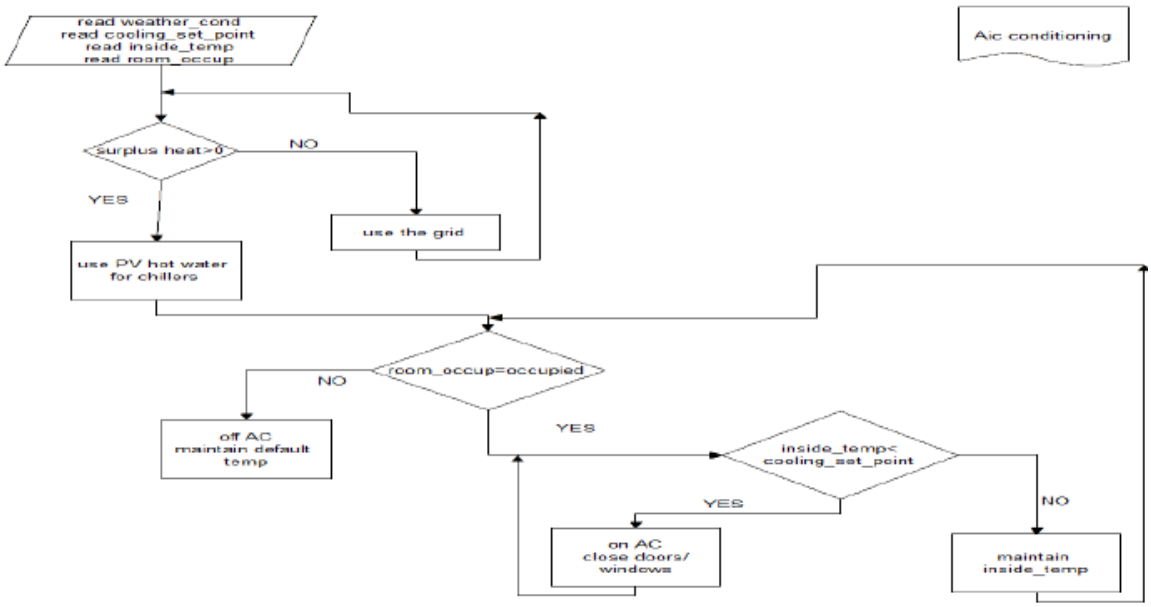
شکل ۱. سیستم مدیریت پیشنهادی برای الگوی ساختمان هوشمند.



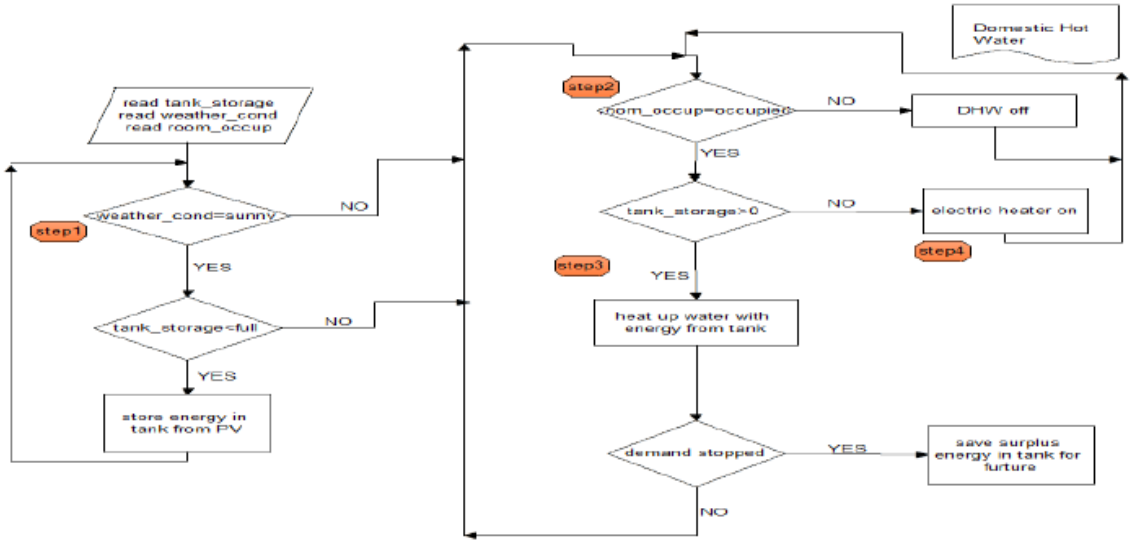
شکل ۲. سیستم تهویه پیشنهادی.



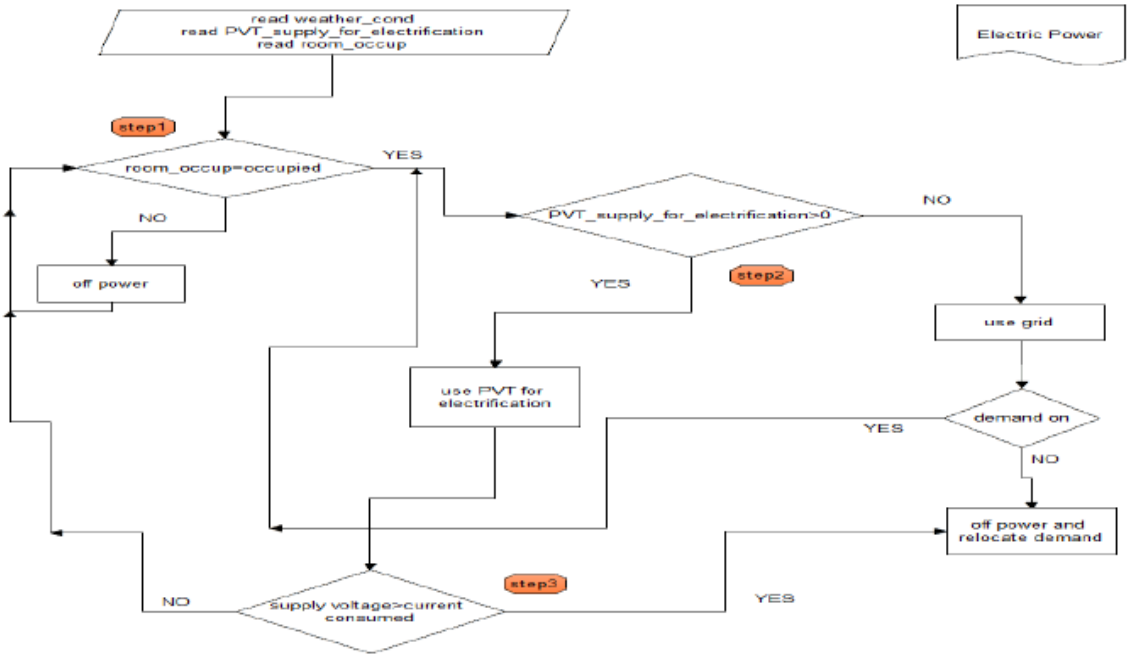
شکل ۳. سیستم گرمایش پیشنهادی.



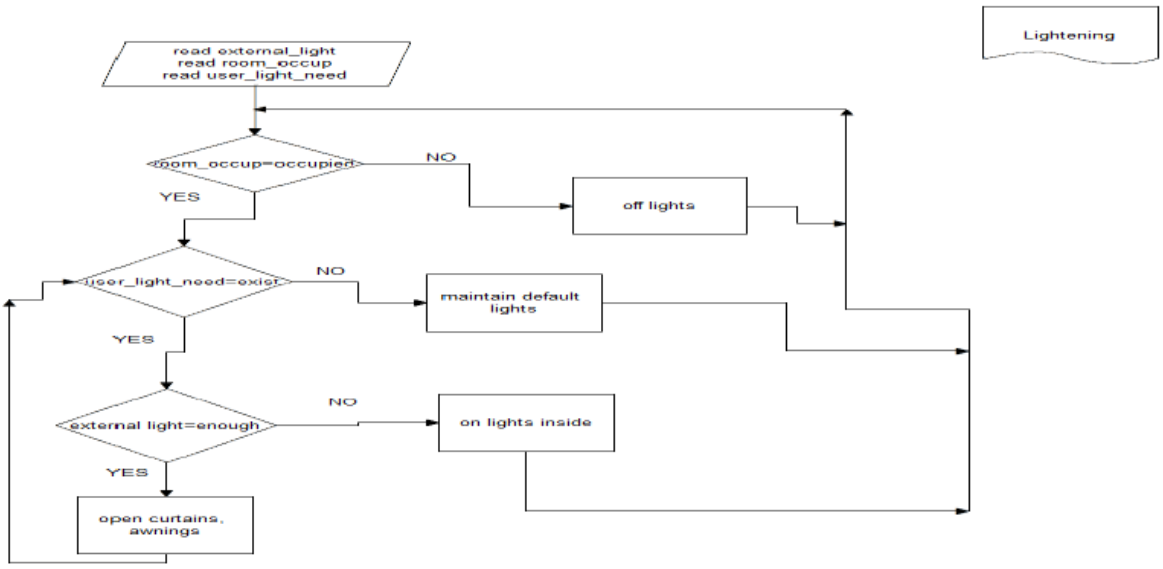
شکل ۴. سیستم AC پیشنهادی.



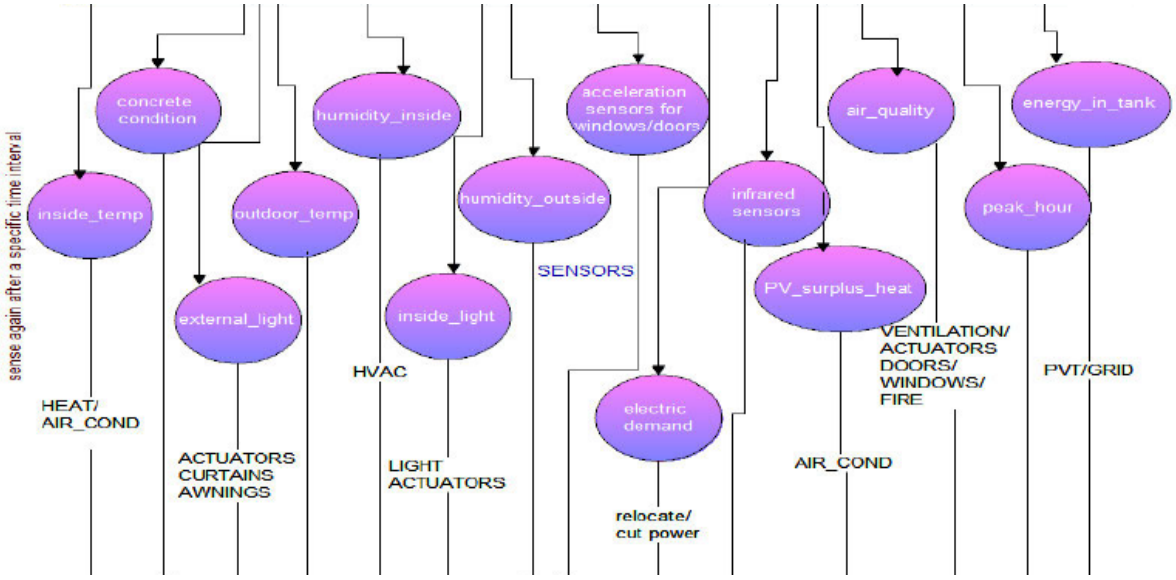
شکل ۵. سیستم DHW پیشنهادی.



شکل ۶. سیستم پیشنهادی برای برق رسانی.



شکل ۷. سیستم روشنایی پیشنهادی.



شکل ۸. شبکه حسگر بی سیم و محرک پیشنهادی.

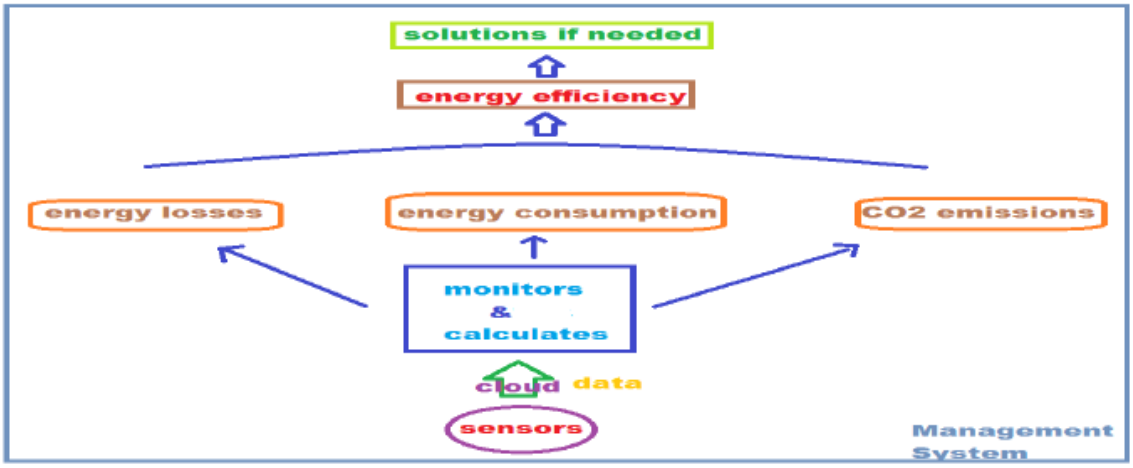
۴. نظارت بر مصرف انرژی در ساختمان های موجود

در این بخش روشی بهینه برای نظارت بر مصرف انرژی در ساختمان‌های موجود مورد بحث قرار می‌گیرد. این رویکرد از راه دور و خودکار می تواند برای نظارت بر یک ساختمان استفاده شود و می تواند در صدور گواهینامه ساختمان و بررسی انطباق کمک کند. در ابتدا مهم است که به استانداردهای جهانی رجوع کنیم، همانطور که برای عملکرد انرژی ساختمان ها که از CEN، کمیته استانداردسازی جهانی تعریف و توسعه داده شده اند، مهم است. این استانداردها نیازمندی های انرژی یک ساختمان را بیان می کنند و با کارشناسان در صدور گواهینامه ساختمان و ساخت و ساز ساختمان های کارآمد از

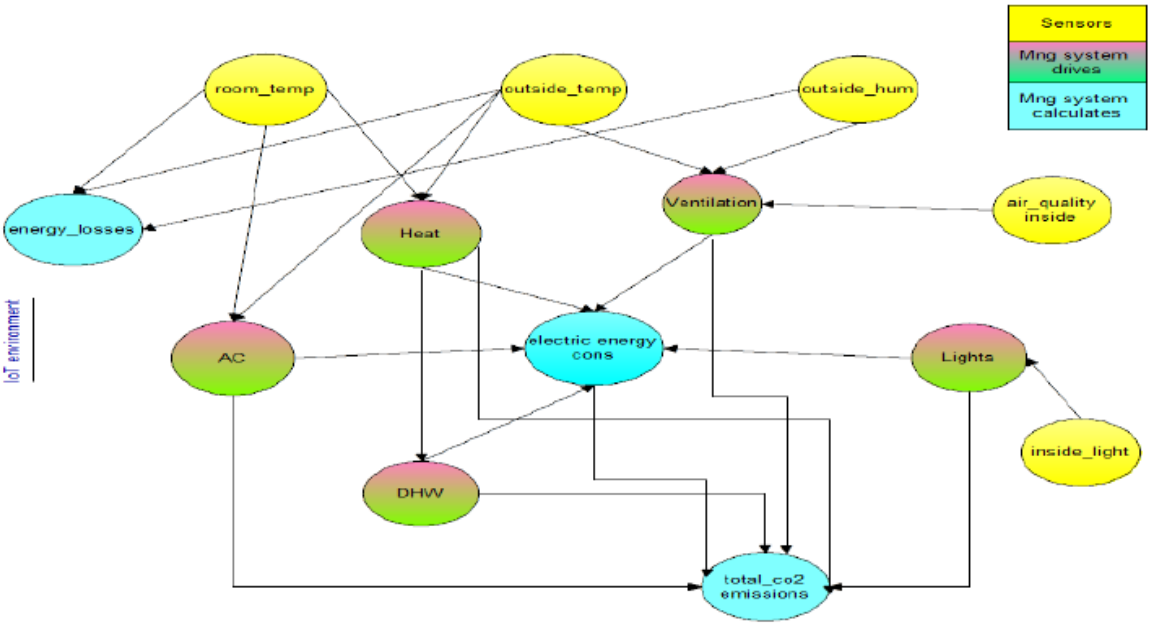
انرژی مشورت می کنند. طبق [۳۵] یک ساختمان در پهنه هایی تفکیک می شود که با توجه به فعالیت هایی که بر روی آنها انجام می شود و شرایط لازم برای هر یک از آن فعالیت ها تعریف می شود. این استاندارد به طور کامل یک مدل سازی روش ساعتی را برای هر منطقه ساختمان مشخص می کند. برای شروع با سطح سیستم، در مورد سیستم HVAC یک ساختمان، تراز انرژی برای گرمایش و سرمایش باید موارد زیر را در نظر بگیرد: انرژی مورد نیاز برای نیازهای گرمایش و سرمایش هر منطقه ساختمان. انرژی ارائه شده به سیستم HVAC از سیستم های انرژی تجدیدپذیر؛ انرژی ورودی که در نهایت به سیستم HVAC ارائه می شود. تلفات انرژی ساختمان‌ها و عملکرد سیستم HVACاعمالی مانند تولید، ذخیره‌سازی، توزیع، انتقال انرژی). دمای داخل اتاق و دستیابی به تبدیل شرایط داخل به دمای گرمایش یا سرمایش مورد نیاز با در نظر گرفتن مصرف انرژی. تنظیم تغییرات دما یک مسئله مهم است. تغییرات عمودی دمای اتاق باعث افزایش میانگین دمای هوا و در نتیجه اتلاف گرما در اتاق هایی با ارتفاع زیاد بین طبقه پایین و طبقه بالا می شود. معمولاً سیستم‌های HVAC که می‌توانند اتلاف گرما را بسته به ارتفاع بین طبقه بالا و پایین (ارتفاع اتاق) کاهش دهند، انرژی بیشتری برای عملکرد خود مصرف می‌کنند. با توجه به استانداردهای جهانی ، سیستم مدیریتی که برای ساختمان های موجود پیشنهاد می کنیم، یک سیستم مبتنی بر حسگر اینترنت اشیا است. این سیستم قرار است از اطلاعات ارائه شده از طریق حسگرهای متصل به ابر برای یک دوره زمانی خاص استفاده میکند تا اتلاف انرژی یک ساختمان، مصرف انرژی تمام سیستم‌های فنی فعال در این ساختمان و انتشار CO_2 ناشی از آن را نتیجه‌گیری میکند. آنها را سپس از این اطلاعات برای محاسبه اینکه آیا ساختمان بهینه انرژی است یا خیر استفاده خواهد شد. در این مرحله سیستم مدیریت در مورد اینکه کدام سیستم فنی انرژی ناکارآمد است راه حل هایی را برای به حداقل رساندن عملکرد انرژی ناکارآمد ساختمان پیشنهاد می کند. سیستم مدیریت پیشنهادی برای ساختمان های موجود که عملکرد انرژی را مدیریت می کند در شکل ۹ نشان داده شده است. حداقل سنسورهای مورد نیاز که ما برای استخراج اطلاعات مورد نیاز پیشنهاد می کنیم در شکل ۱۰ نشان داده شده است. سنسورها دما، نور و کیفیت هوای داخل اتاق را حس می کنند. سنسورها همچنین دما و رطوبت بیرون را حس می‌کنند و سپس سیستم مدیریت را از شرایط فعلی مطلع می‌کنند تا تمام سیستم‌های فنی را هدایت کند. گرما، تهویه، تهویه مطبوع، چراغ ها و آب گرم خانگی، از طریق محرک ها. در طول عملیات سیستم های فنی، سیستم مدیریت تلفات انرژی، مصرف انرژی الکتریکی و مقدار کل انتشار CO_2 را نیز محاسبه می کند. در این مرحله باید یک طراحی کارآمد برای تعامل بین سنسورها و ابر اعمال میکنیم. در [۳۶]، یک مدل تعاملی کارآمد «برای ادغام ابر حسگر برای فعال کردن حسگر-ابر برای ارائه همزمان خدمات حسگر بر اساس تقاضا برای برنامه‌های کاربردی با الزامات تأخیر مختلف» ایجاد شده است. در این روش، عملیات پیچیده در ابر بارگذاری می‌شود و تنها فرآیندهای سبک وزن توسط گره‌های حسگر ارائه می‌شوند. برای توسعه این روش ابر حسگر، موارد زیر را تعریف میشود: ۱. گره های حسگر فیزیکی که داده ها را از محیط واقعی جمع آوری کرده و به ابر حسگر می فرستند. ۲. ابر حسگر که گره های فیزیکی را در حسگرهای مجازی نشان می دهد. ۳. برنامه‌ها یا کاربرانی که به‌صورت دوره‌ای، با الزامات تأخیر متفاوت، از ابر حسگر برای سنجش خدمات درخواستی درخواست می‌کنند. ۴. یک کنترل‌کننده QoS که بر روی ابر حسگر برای کنترل تأخیر جریان‌های سنجش، جمع‌آوری اطلاعات بازخورد از ، محاسبه پارامترهای کنترل، و هدایت گره‌های حسگر از طریق کنترل‌کننده زمان‌بندی اجرا شده است. ۵. کنترل‌کننده زمان‌بندی پیاده‌سازی شده در حسگرهای فیزیکی برای زمان‌بندی گره‌های حسگر بر اساس کنترل‌کننده QoS استفاده می‌شود و به این ترتیب الزامات تأخیر برنامه‌ها برآورده می‌شود در حالی که مصرف انرژی سنسورها بهینه می‌شود. ۶. مکانیزمی برای تعامل بین کنترل‌کننده QoS در ابر حسگر و کنترل‌کننده زمان‌بندی در گره‌های حسگر، به منظور تنظیم خودکار زمان‌بندی بیداری حسگرها برای برآورده کردن نیازهای تأخیر برنامه‌ها می باشد. سپس درخواست‌های برنامه برای پردازش به جمع‌آوری درخواست ارسال می‌شوند. تجمیع کننده به

دنبال یک نیاز تاخیر جدید برای حسگرهای فیزیکی است. اگر تجمیع کننده هیچ تغییری در نیاز تأخیر پیدا نمیکند، درخواست برنامه از گره های حسگر پنهان می شود. که اگر نیاز جدیدی برای تأخیر پیدا شود، تجمیع‌کننده آن را برای به‌روزرسانی نیاز تأخیر به کنترل‌کننده QoS انجام می‌دهد. کنترل‌کننده QoS ابتدا درخواست جدید را با بررسی اینکه آیا وضعیت فعلی درخواست جدید را برآورده می‌کند یا خیر پردازش می‌کند. اگر وضعیت فعلی درخواست جدید را برآورده کند، درخواست از گره های حسگر فیزیکی پنهان می شود. اگر نه، کنترل‌کننده QoS آستانه صف جدیدی را برای حسگرهای فیزیکی محاسبه می‌کند. سپس سیستم مدیریت حسگر، به روز رسانی صف را به سنسورهای فیزیکی ارسال می کند. گره های فیزیکی آستانه صف خود را نیز به روز می کنند و برنامه خود را برای اجرا تنظیم می کنند. این پیاده سازی سیستم ابر حسگر قرار است توسط سیستم مدیریت اجرا شود که در شکل ۹ نشان داده شده است. برای ادامه کارکرد سیستم مدیریت پیشنهادی که در زیر توضیح داده خواهد شد، از نمودار جریان برای نشان دادن آن در شکل ۱۱ استفاده می کنیم. با فرض اینکه ما یک ساختمان اشغال شده برای بررسی داریم، سیستم مدیریت باید تمام سیستم های فنی خود را به مدت ۲۴ ساعت برای مدت زمان مشخص نظارت میکند. سیستم مدیریت از داده‌های حسگرها برای نتیجه‌گیری بازده انرژی سیستم HVAC، سیستم Lightening، استفاده از DHW و مصرف برق استفاده می‌کند. در صورتی که مصرف انرژی بیش از مقدار مجاز مجاز یا مساوی باشد یا میزان انتشار دی اکسید کربن بیش از حد مجاز باشد یا مساوی باشد، در این صورت ساختمان به عنوان کارآمد در مصرف انرژی شناخته نمی شود و سیستم مدیریت باید اقداماتی را برای سیستم فنی خاصی که در حال کار است پیشنهاد میدهد. به شیوه ای ناکارآمد انرژی برای روشن شدن بیشتر، در صورتی که سیستم مدیریت به این نتیجه برسد که سیستم گرمایشی به روش انرژی ناکارآمد عمل می کند، اقداماتی را برای کاهش ناکارآمدی پیشنهاد خواهد کرد. به عنوان مثال، قرار دادن سنسورها در هر اتاق به منظور بررسی و کنترل دما بر اساس احساس راحتی ساکنین مفید خواهد بود. این بدان معناست که ساکنان می توانند از ترموستات های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا [۲۴] نیز استفاده میکند تا از عملکرد کنترل نشده سیستم گرمایش که همچنین منجر به انتشار آلاینده ها و هزینه سوخت می شود، جلوگیری کند. انتخاب ترموستات های هوشمند از طریق شبکه حسگر دما هزینه ای ندارد و ترموستات های هوشمند می توانند تهویه مطبوع ساختمان را کنترل کرده و دمای داخل ساختمان را کنترل میکند زیرا می توانند وضعیت حرارتی هر اتاق را منعکس کنند. بنابراین ما قادر به توسعه مدل های حرارتی با توجه به بهره وری انرژی و راحتی ساکنان داخلی هستیم. راه حل دیگر می تواند استفاده از حسگرها برای اشغال در هر اتاق باشد، به منظور کاهش گرما در اتاق های خالی اما پیش بینی حفظ دمای پیش فرض برای جلوگیری از کارکرد بیش از حد برای گرم کردن مجدد می باشد. اگر سیستم گرمایش متمرکز باشد، سیستم گرمایش فردی پیشنهاد می شود. در صورت استفاده از ، گاز طبیعی به منظور کاهش انتشار آلاینده ها پیشنهاد می شود. پانل های خورشیدی PV همچنین می توانند سیستم گرمایش را با بهره برداری از انرژی خورشید برای عملیات گرمایش تسهیل کنند و مصرف نفت و برق و همچنین انتشار آلاینده های آلوده را کاهش دهند. در صورتی که چهارچوب درها و پنجره ها برای عایق حرارتی مناسب نباشد، ممکن است با اتلاف انرژی مواجه شویم. در این حالت سیستم گرمایشی باید دوباره بیش از حد تلاش کند تا هر اتاق را گرم کند و در نتیجه کالری گرمایشی و انتشار آلاینده‌های آلوده را افزایش می‌دهد. سپس قاب های ضد آب و با نفوذپذیری حرارتی کم پیشنهاد می شود. به همین ترتیب باید در هر دیوار داخلی یا خارجی که دارای شکاف بتنی است، مکمل بتنی نصب میشود تا با تلفات حرارتی مواجه شود. در صورتی که سیستم مدیریت به این نتیجه برسد که سیستم AC با انرژی ناکارآمد عمل می کند، قرار دادن سنسورهای دما در هر اتاق نیز در این مورد مفید خواهد بود. ساکنان همچنین می توانند از ترموستات های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا استفاده کنند تا از عملکرد کنترل نشده سیستم AC که منجر به انتشار آلاینده ها و هزینه در قبض برق می شود، جلوگیری کنند. حسگرهایی برای اشغال در هر اتاق می‌توانند به منظور کاهش عملکرد AC

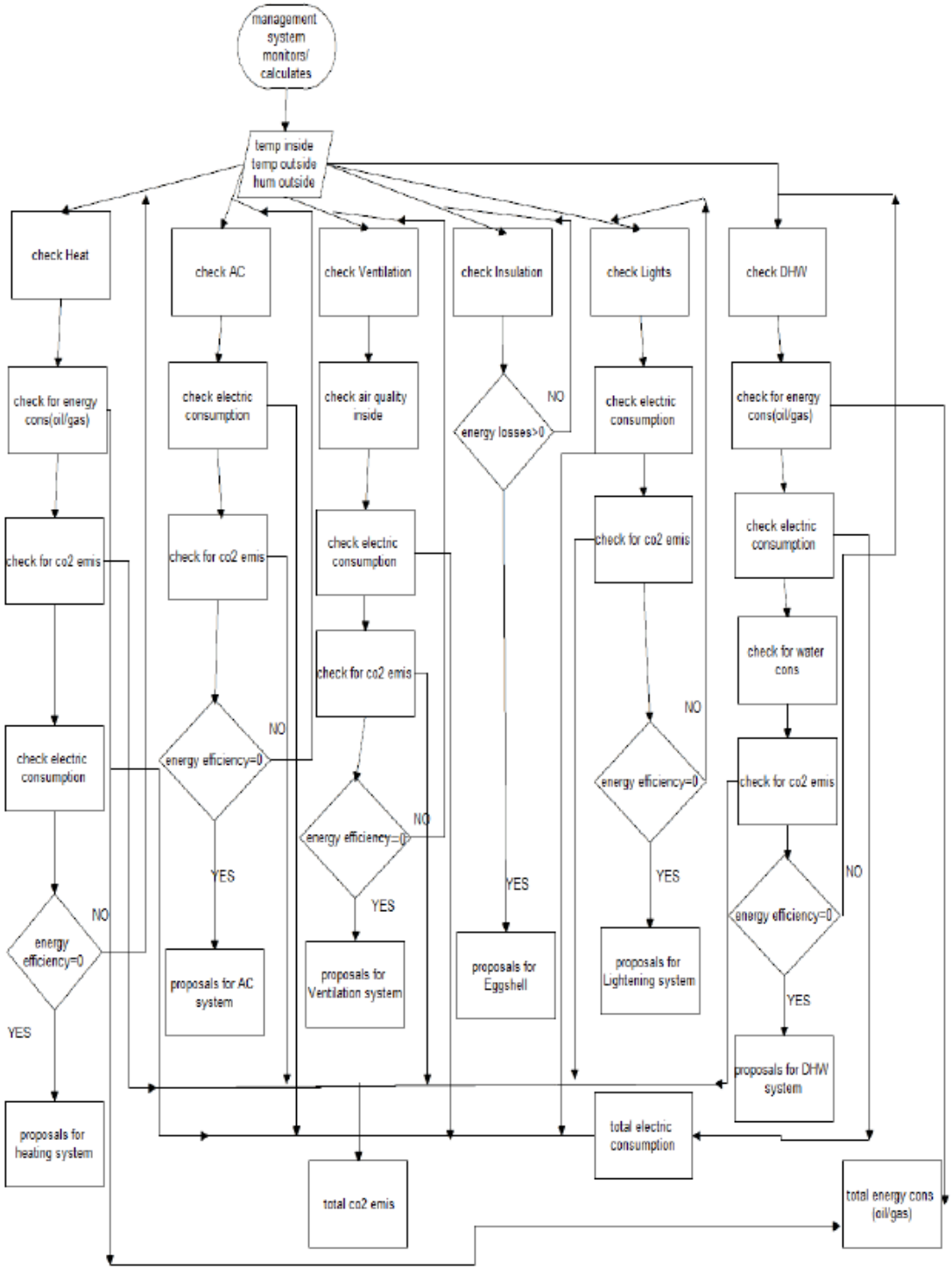
در اتاق‌های خالی استفاده شوند، اما پیش‌بینی می‌شود که دمای پیش‌فرض را حفظ کنند تا از کارکرد بیش از حد برای خنک‌سازی جلوگیری شود. پنل‌های PV خورشیدی همچنین می‌توانند سیستم AC را با بهره‌برداری از انرژی خورشید تسهیل کنند، به‌ویژه در تابستان که انرژی خورشیدی مازاد است و سیستم گرمایش آن را مصرف نمی‌کند. به این ترتیب مصرف برق و آلاینده ها کاهش می یابد. در صورت اتلاف انرژی به این معنی که سیستم AC برای خنک کردن هر اتاق بیش از حد تلاش می کند، قاب های ضد آب و با نفوذپذیری حرارتی کم را پیشنهاد می کنیم. به همین ترتیب، مکمل بتنی باید در هر دیوار داخلی یا خارجی نصب شود. بام های سبز نیز برای یک ساختمان مفید هستند تا دمای خنک را به روشی طبیعی حفظ کنند. در صورت وجود یک سیستم تهویه ناکارآمد، سنسورهای نیز باید به منظور قطع برق برای تهویه، صرفه جویی در مصرف انرژی و جلوگیری از انتشار آلاینده ها استفاده شود. همانطور که برای یک سیستم ناکارآمد که ساختمان را با DHW تامین می کند، پانل های خورشیدی PV نیز برای کاهش انتشار CO^{2} مفید خواهند بود. استفاده از انرژی خورشیدی هم مصرف نفت برای گرمایش آب و هم برق را کاهش می دهد. در صورت وجود یک سیستم روشنایی ناکارآمد، یک پیشنهاد خوب جایگزینی لامپ در سیستم روشنایی با چراغ های LED می باشد. علاوه بر این، سنسورهای در این جهت کمک می کنند، زیرا در صورت وجود یک اتاق خالی، برق قطع می شود و همه چراغ ها خاموش می شوند. جدا از همه پیشنهاداتی که قبلا ذکر شد که هدفشان کاهش مصرف انرژی الکتریکی است، می‌توان به راه‌حل زیر نیز اشاره کرد: یک سیستم هوشمند [۳۷] می‌تواند برای کاهش مصرف انرژی الکتریکی، دستیابی به بهره‌وری انرژی و کاهش آلاینده‌ها استفاده میشود. انتشارات این سیستم شامل تنظیم پارامتر و نظارت بر وضعیت است. ممکن است پارامترهای هر دستگاه برقی را وارد کرده و اولویت های مختلف دستگاه برق را انتخاب کند. بلوتوث و سایر ارتباطات بی سیم برای دریافت و ارسال داده از ساختمان و کنترل وسایل برقی استفاده می شود. سوکت هوشمند وظیفه جمع آوری داده های مصرف برق تمامی وسایل الکتریکی و کنترل مصرف برق آنها را بر عهده دارد.



شکل ۹. سیستم مدیریت پیشنهادی برای ساختمان های موجود.



شکل ۱۰. حسگرهای متصل به سیستم مدیریت اطلاع می دهند تا سیستم های فنی را و مجاسبه هدایت کند.



شکل ۱۱. عملکرد سیستم مدیریت.

۵. نتیجه‌گیری و کار آینده

IoE و IoT می توانند در خدمت برنامه ریزی برای تبدیل شهرها به شهرهای هوشمند و پایدار باشند. این اقدامات نه تنها برای شهروندان، بلکه برای محیط زیست نیز مفید خواهد بود. در این مقاله ابتدا قوانین جامعه جهانی را در مورد

شهرهای هوشمند را نقل می کنیم تا اهمیت ارائه پیشنهادهای فناوری را که از نظر قانونی سازگار و قابل اجرا با نهاد شهر هوشمند هستند، نشان دهیم. علاوه بر این، ما به منظور جمع‌آوری تمام روش‌های فناوری نماینده که می‌توانند با توجه به قوانین جامعه جهانی در مورد بهره‌وری انرژی، در ساختمان‌های هوشمند اعمال شوند، یک مرور ادبیات گسترده انجام می‌دهیم. سپس یک الگوی هوشمند برای ساخت و ساز پایدار کوتاه مدت و بلند مدت ساختمان های کارآمد انرژی با استفاده از فناوری اینترنت اشیا ارائه می کنیم. علاوه بر این، مایلیم با ارائه یک سیستم مدیریتی و راه‌حل‌هایی برای مقابله و کنترل ناکارآمدی انرژی در ساختمان‌های موجود، بر سهم بیشتر خود در تبدیل تدریجی ساختمان‌های موجود به ساختمان‌های انرژی تقریباً صفر در ایران تأکید میکنیم. سیستم مدیریت پیشنهادی همچنین می‌تواند با ارائه اندازه‌گیری‌های از راه دور و پیوسته تمام سیستم‌های فنی ساختمان، به صدور گواهینامه ساختمان و بررسی انطباق ساختمان‌ها کمک کند. بدیهی است که ابزارها و تجهیزات فناورانه و همچنین حمایت مالی برای شبیه‌سازی الگوی ساختمان فناوری هوشمند و سیستم مدیریتی که مصرف انرژی در ساختمان‌های موجود را نظارت می‌کند، حیاتی هستند. این حقایق یک محدودیت در تحقیق ما بود. بنابراین هدف آینده مطلوب و معقول این تحقیق هم پیاده سازی و آزمایش سیستم مدیریتی است که بر الگوی ساختمان هوشمند نظارت و کنترل می کند و هم پیاده سازی و آزمایش سیستم مدیریتی که کارایی انرژی یک ساختمان موجود را به نتیجه می رساند و راه حل هایی را پیشنهاد می کند. با توجه به قوانین فعلی، ساختمان را به دوستدار محیط زیست تبدیل کنید.

۶. مراجع

[۱] Regulation (EU) ۲۰۱۸/۸۴۲ of the European Parliament and of the Council of ۳۰ May ۲۰۱۸ on Binding Annual Greenhouse Gas Emission Reductions by Member States From ۲۰۲۱ to ۲۰۳۰ Contributing to Climate Action to Meet Commitments Under the Paris Agreement and Amending Reg- ulation (EU) No ۵۲۵/۲۰۱۳, document ۳۲۰۱۸R۰۸۴۲, Of_cial Journal of the European Union L۱۵۶/۲۶, Jun. ۲۰۱۸. [Online]. Available: https://eurlex. europa.eu/eli/reg/۲۰۱۸/۸۴۲/oj

[۲] Directive (EU) ۲۰۱۸/۸۴۴ of the European Parliament and of the Council of ۳۰ May ۲۰۱۸ Amending Directive ۲۰۱۰/۳۱/EU on the Energy Performance of Buildings and Directive ۲۰۱۲/۲۷/EU on Energy Ef_ciency, document ۳۲۰۱۸L۰۸۴۴, Of_cial Journal of the European Union L۱۵۶/۷۵, Jun. ۲۰۱۸. [Online]. Available: https://eurlex. europa.eu/legal content/EN/TXT/?uri=uriserv%۳AOJ.L_.۲۰۱۸,۱۵۶. ۰۱,۰۰۷۵,۰۱.ENG

[۳] L. P. C. Zangheri, D. Paci, M. N. E. Labanca, S. T. Ribeiro, S. Panev, P. Zancanella, and J.-S. Broc, Assessment of Second Long-Term Renovation Strategies Under the Energy Ef_ciency Directive. Luxembourg, U.K.: Publications Of_ce of the European Union, ۲۰۱۹. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/assessmentsecond- long-term renovation-strategies-under-energy-ef_ciency-directive

[۴] Directive ۲۰۱۲/۲۷/EU of the European Parliament and of the Coun- cil of ۲۵ October ۲۰۱۲ on energy Ef_ciency, Amending Directives ۲۰۰۹/۱۲۵/EC and ۲۰۱۰/۳۰/EU and Repealing Directives ۲۰۰۴/۸/EC and ۲۰۰۶/۳۲/EC, document ۳۲۰۱۲L۰۰۲۷, Of_cial Journal of the European Union L۳۱۵/۱, Nov. ۲۰۱۲. [Online]. Available: https://eurlex. europa.eu/legal content/EN/TXT/?uri=celex%۳A۳۲۰۱۲L۰۰۲۷

[۵] A. P. Plageras, K. E. Psannis, C. Stergiou, H. Wang, and B. B. Gupta, ``Ef_cient IoT-based sensor BIG data collection_processing and analysis in smart buildings," *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. ۸۲, pp. ۳۴۹_۳۵۷, May ۲۰۱۸. Accessed: Oct. ۳۱, ۲۰۱۷, doi: ۱۰,۱۰۱۶/j.future.۲۰۱۷,۰۹,۰۸۲.

[٦] R. Wegmueller, G. Magnin, J. Robadey, and E.-L. Niederhauser, ``Controlled active thermal storage in smart PCM walls for energy independent building applications," in *Proc. 5th Int. Conf. Renew. Energy, Gener. Appl. (ICREGA)*, Al Ain, United Arab Emirates, Feb. ٢٠١٨, pp. ١٥٤_١٥٧, doi: ١٠,١١٠٩/ICREGA.٢٠١٨,٨٣٣٧٥٧٥.
[٧] N. Khan, N. Pathak, and N. Roy, ``Detecting common insulation problems in built environments using thermal images," in Proc. IEEE Int. Conf. Smart Comput. (SMARTCOMP),Washington, DC, USA, Jun. ٢٠١٩, pp. ٤٥٤_٤٥٨, doi: ١٠,١١٠٩/SMARTCOMP.٢٠١٩,٠٠٠٨٧.
[٨] M. Sophocleous, P. Savva, M. F. Petrou, J. K. Atkinson, and J. Georgiou, ``A durable, screen-printed sensor for in situ and real-time monitoring of concrete's electrical resistivity suitable for smart buildings/cities and IoT," IEEE Sensors Lett., vol. ٢, no. ٤, pp. ١_٤, Dec. ٢٠١٨, doi: ١٠. ١١٠٩/LSENS.٢٠١٨,٢٨٧١٥١٧.
[٩] A. Kumar, A. Kumar, and A. Singh, ``Energy ef_cient and low cost air quality sensor for smart buildings," in Proc. ٣rd Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Technol. (CICT), Ghaziabad, India, Feb. ٢٠١٧, pp. ١_٤, doi: ١٠. ١١٠٩/CIACT.٢٠١٧,٧٩٧٧٣١٠.
[١٠] N. Haidar, N. Tamani, F. Nienaber, M. T. Wesseling, A. Bouju, and Y. Ghamri-Doudane, ``Data collection period and sensor selection method for smart building occupancy prediction," in Proc. IEEE ٨٩th Veh. Technol. Conf. (VTC-Spring), Kuala Lumpur, Malaysia, Apr. ٢٠١٩, pp. ١_٦, doi: ١٠. ١١٠٩/VTCSpring.٢٠١٩,٨٧٤٦٤٤٧.
[١١] S. Antonov, ``Smart solution for _re safety in a large garage," in Proc. Int. Conf. Creative Bus. Smart Sustain. Growth (CREBUS), Sandanski, Bulgaria, Mar. ٢٠١٩, pp. ١_٤, doi: ١٠,١١٠٩/CREBUS.٢٠١٩. ٨٨٤٠٠٨٩.
[١٢] G. Cavalera, R. C. Rosito, V. Lacasa, M. Mongiello, F. Nocera, L. Patrono, and I. Sergi, ``An innovative smart system based on IoT technologies for _re and danger situations," in Proc. ٤th Int. Conf. Smart Sustain. Technol. (SpliTech), Split, Croatia, Jun. ٢٠١٩, pp. ١_٦, doi: ١٠,٢٣٩١٩/SpliTech.٢٠١٩,٨٧٨٣٠٥٩.
[١٣] P. G. Jeyasheeli and J. V. J. Selva, ``An IOT design for smart lighting in green buildings based on environmental factors," in Proc. ٤th Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Syst. (ICACCS), Coimbatore, India, Jan. ٢٠١٧, pp. ١_٥, doi: ١٠,١١٠٩/ICACCS.٢٠١٧,٨٠١٤٥٥٩.
[١٤] A. Pandharipande, M. Zhao, and E. Frimout, ``Connected indoor lighting based applications in a building IoT ecosystem," IEEE Inter- net Things Mag., vol. ٢, no. ١, pp. ٢٢_٢٦, Mar. ٢٠١٩, doi: ١٠,١١٠٩/ IOTM.٢٠١٩,١٩٠٠٠١٦.
[١٥] A. Zakharov, A. Romazanov, A. Shirokikh, and I. Zakharova, ``Intellectual data analysis system of building temperature mode monitoring," in Proc. Int. Russian Autom. Conf. (RusAutoCon), Sochi, Russia, Sep. ٢٠١٩, pp. ١_٦, doi: ١٠,١١٠٩/RUSAUTOCON.٢٠١٩,٨٨٦٧٦١١.
[١٦] N. M. Elsayed, R. A. Swief, S. O. Abdellatif, and T. S. Abdel-Salam, ``Photovoltaic applications for lighting load energy saving: Case studies, educational building," in Proc. Int. Conf. Innov. Trends Comput. Eng. (ITCE), Aswan, Egypt, Feb. ٢٠١٩, pp. ٥٦٤_٥٦٩, doi: ١٠,١١٠٩/ITCE.٢٠١٩,٨٦٤٦٤٨٥.
[١٧] P. D. Leo, F. Spertino, S. Fichera, G. Malgaroli, and A. Ratclif, ``Improvement of self suf_ciency for an innovative nearly zero energy building by photovoltaic generators," in Proc. IEEE Milan PowerTech, Milan, Italy, Jun. ٢٠١٩, pp. ١_٦, doi: ١٠,١١٠٩/PTC.٢٠١٩,٨٨١٠٤٣٤.

[۱۸] K. R. Babu and C. Vyjayanthi, ``Implementation of net zero energy building (NZEB) prototype with renewable energy integration," in Proc. IEEE Region ۱۰ Symp. (TENSYMP), Kochi, India, Jul. ۲۰۱۷, pp. ۱_۵, doi: ۱۰,۱۱۰۹/TENCONSpring.۲۰۱۷,۸۰٦۹۹۹٤.
[۱۹] I. Ilhan, M. Karakose, and M. Yavas, ``Design and simulation of intelligent central heating system for smart buildings in smart city," in Proc. ۷th Int. Istanbul Smart Grids Cities Congr. Fair (ICSG), stanbul, Turkey, Apr. ۲۰۱۹, pp. ۲۳۳_۲۳۷, doi: ۱۰,۱۱۰۹/SGCF.۲۰۱۹,۸۷۸۲۳٥٦.
[۲۰] T. Sonnekalb and S. Lucia, ``Smart hot water control with learned human behavior for minimal energy consumption," in Proc. IEEE ٥th World Forum Internet Things (WF-IoT), Limerick, Republic of Ireland, Apr. ۲۰۱۹, pp. ٥۷۲_٥۷۷, doi: ۱۰,۱۱۰۹/WF-IoT.۲۰۱۹,۸۷٦۷۱۷۱.
[۲۱] D. Alulema, M. Zapata, and M. A. Zapata, ``An IoT-based remote monitoring system for electrical power consumption via Web-application," in Proc. Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci. (INCISCOS), Quito, Ecuador, Nov. ۲۰۱۸, pp. ۱۹۳_۱۹۷, doi: ۱۰,۱۱۰۹/INCISCOS.۲۰۱۸,۰۰۰۳٥.
[۲۲] A. M. Ali, S. A. A. Shukor, N. A. Rahim, Z. M. Razlan, Z. A. Z. Jamal, and K. Kohlhof, ``IoT-based smart air conditioning control for thermal comfort," in Proc. IEEE Int. Conf. Autom. Control Intell. Syst. (I۲CACIS), Selangor, Malaysia, Jun. ۲۰۱۹, pp. ۲۸۹_۲۹٤, doi: ۱۰,۱۱۰۹/ I۲CACIS.۲۰۱۹,۸۸۲٥۰۷۹.
[۲۳] G. Alsuhli and A. Khattab, ``A fog-based IoT platform for smart buildings," in Proc. Int. Conf. Innov. Trends Comput. Eng. (ITCE), Aswan, Egypt, Feb. ۲۰۱۹, pp. ۱۷٤_۱۷۹, doi: ۱۰,۱۱۰۹/ITCE.۲۰۱۹,۸٦٤٦٤۸۰.
[۲٤] X. Zhang, M. Pipattanasomporn, T. Chen, and S. Rahman, ``An IoT based thermal model learning framework for smart buildings," IEEE Internet Things J., vol. ۷, no. ۱, pp. ٥۱۸_٥۲۷, Jan. ۲۰۲۰, doi: ۱۰,۱۱۰۹/ JIOT.۲۰۱۹,۲۹٥۱۱۰٦.
[۲٥] J. Aguilar, A. Garces-Jimenez, N. Gallego-Salvador, J. A. G. De Mesa, J. M. Gomez Pulido, and A. J. Garcia-Tejedor, ``Autonomic management architecture for multi-HVAC systems in smart buildings," IEEE Access, vol. ۷, pp. ۱۲۳٤۰۲_۱۲۳٤۱٥, ۲۰۱۹, doi: ۱۰,۱۱۰۹/ACCESS.۲۰۱۹,۲۹۳۷٦۳۹.
[۲٦] S. Rastegarpour, M. Ghaemi, and L. Ferrarini, ``A predictive control strategy for energy management in buildings with radiant _oors and thermal storage," in Proc. SICE Int. Symp. Control Syst. (SICE ISCS), Tokyo, Japan, Mar. ۲۰۱۸, pp. ٦۷_۷۳, doi: ۱۰,۲۳۹۱۹/SICEISCS.۲۰۱۸,۸۳۳۰۱٥۸.
[۲۷] A. Gillespie, T. F. Xulu, S. I. Noubissie Tientcheu, and S. Daniel Chowdhury, ``Building design considerations for an energy ef_cient HVAC system," in Proc. IEEE PES/IAS PowerAfrica, Cape Town, South Africa, Jun. ۲۰۱۸, pp. ۱_٦, doi: ۱۰,۱۱۰۹/PowerAfrica.۲۰۱۸,۸٥۲۰۹۹٥.
[۲۸] B. Seng, C. Magniont, S. Spagnol, and S. Lorente, ``Evaluation of hemp concrete thermal properties," in Proc. Int. IEEE Conf. Ubiquitous Intell. Comput., Adv. Trusted Comput., Scalable Comput. Commun., Cloud Big Data Comput., Internet People, Smart World Congr. (UIC/ATC/ScalCom/CBDCom/IoP/SmartWorld), Toulouse, France, Jul. ۲۰۱٦, pp. ۹۸٤_۹۸۹, doi: ۱۰,۱۱۰۹/UIC-ATC-ScalCom- CBDCom-IoP-SmartWorld.۲۰۱٦,۰۱٥٤.

[۲۹] J. Patel and A. Goyal, ``Smart materials in construction technology,'' in Proc. Int. Conf. Smart City Emerg. Technol. (ICSCET), Mumbai, India, Jan. ۲۰۱۸, pp. ۱_۹, doi: ۱۰,۱۱۰۹/ICSCET.۲۰۱۸,۸۵۳۷۲۵٦.

[۳۰] Y. Yuan, X. Li, Z. Liu, and X. Guan, ``Occupancy estimation in buildings based on infrared array sensors detection,'' IEEE Sensors J., vol. ۲۰, no. ۲, pp. ۱۰٤۳_۱۰۵۳, Jan. ۲۰۲۰, doi: ۱۰,۱۱۰۹/JSEN.۲۰۱۹,۲۹٤۳۱۵۷.

[۳۱] L. Liu, ``A multi-functional smart socket design,'' in Proc. Int. Conf. Commun., Inf. Syst. Comput. Eng. (CISCE), Haikou, China, Jul. ۲۰۱۹, pp. ۵_۸, doi: ۱۰,۱۱۰۹/CISCE.۲۰۱۹,۰۰۰۰۹. [۳۲] G. Karmakar, S. Roy, G. Chattopadhyay, and Z. Xiao, ``Dynamically controlling exterior and interior window coverings through IoT for environmental friendly smart homes,'' in Proc. IEEE Int. Conf. Mechatronics (ICM), Churchill, VIC, Australia, Feb. ۲۰۱۷, pp. ٤۸۷_٤۹۱, doi: ۱۰,۱۱۰۹/ICMECH.۲۰۱۷,۷۹۲۱۱۵٦.

[۳۳] W.-T. Li, K. Thirugnanam, W. Tushar, C. Yuen, K. T. Chew, and S. Tai, ``Improving the operation of solar water heating systems in green buildings via optimized control strategies,'' IEEE Trans. Ind. Informat., vol. ۱٤, no. ٤, pp. ۱٦٤٦_۱٦۵۵, Apr. ۲۰۱۸, doi: ۱۰,۱۱۰۹/TII.۲۰۱۸,۲۷۹۷۰۱۸.

[۳٤] A. Golla, P. Staudt, and C.Weinhardt, ``Combining PVT generation and air conditioning:Acost analysis of surplus heat utilization,'' in Proc. Int. Conf. Smart Energy Syst. Technol. (SEST), Porto, Portugal, Sep. ۲۰۱۹, pp. ۱_٦, doi: ۱۰,۱۱۰۹/SEST.۲۰۱۹,۸۸٤۹۰٤۸.

[۳۵] CEN Standard for Energy Performance of Buildings, Standard EN ISO ۱۳۷۹۰,۲۰۰۹.

[۳٦] N.-T. Dinh and Y. Kim, ``An ef_cient on-demand latency guaranteed interactive model for sensor-cloud,'' IEEE Access, vol. ٦, pp. ٦۸۵۹٦_٦۸٦۱۱, ۲۰۱۸, doi: ۱۰,۱۱۰۹/ACCESS.۲۰۱۸,۲۸۷۹۸۱۱.

[۳۷] J. Zhang, Y. Tao, J. Qiu, and X. Han, ``Design of a smart socket for smart home energy management systems,'' in Proc. Chin. Control Decis. Conf. (CCDC), Nanchang, China, Jun. ۲۰۱۹, pp. ۵۵٤۳_۵۵٤۸, doi: ۱۰,۱۱۰۹/ CCDC.۲۰۱۹,۸۸۳۲٤۸٦.