Civil and Project Journal, 2022, 4(9), 11-28
https://doi.org/10.22034/CPJ.2022.366965.1163

Civil and Project Journal
http://www.cpjournals.com/

Research Article

Evaluating Appropriate Strategies for Commercial Buildings' Automation Utilizing the Internet of Things in Tehran

Mohamadamin Mirbagheri[1*], Hasan Javanshir[2], Majid Safehian[3]

1. Faculty of Civil Engineering, Architecture and Art-Islamic Azad University -Science and Research Branch Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Art, Research Sciences Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 24 October 2022; Revised: 06 December 2022; Accepted: 07 December 2022; Published: 07 December 2022

Abstract

Today, smart buildings, which combine sensors and actuators, allow owners to save energy, increase security, provide users with information about their work environment, and operate directly on the building via the Internet. Indoor environmental parameters such as temperature, humidity, lighting, and air quality are monitored by IoT sensors in smart buildings. In this paper, we propose a smart building solution for managing the indoor environment based on the Internet of Things, which aims to provide functions such as monitoring the environmental parameters of the room and detecting the number of users in the space. It is also a cloud platform where virtual entities collect data obtained by sensors and cloud virtual entities perform data analysis tasks using system learning algorithms. This cloud platform also includes a control dashboard for managing and controlling the building. The goal of this article is to define, develop, and present the results of a project that uses sensors in a standard business center to monitor and condition business units using Internet of Things technologies. The arrangement and location of the sensors are explained in this study, followed by the sensors used, wireless interfaces, and cloud technologies. The project results are presented using Bluemix and Node Red.

Keywords:

Internet of things, smart building, Energy, Security, Commercial building smartness.

Cite this article as: Mirbagheri M, Javanshir H, Safehian M. (2022). Evaluating Appropriate Strategies for Commercial Buildings' Automation Utilizing the Internet of Things in Tehran. Civ Proj J;4(9):11–28. https://doi.org/10.22034/cpj.2022.366965.1163

ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2022 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

*Corresponding author E-mail address: *mirbagheri.mohamadamin@gmail.com*

نشریه عمران و پروژه، ۱۴۰۱، ۴(۹)، ۱۱-۲۸
https://doi.org/10.22034/CPJ.2022.366965.1163

نشریه عمران و پروژه
http://www.cpjournals.com/

بررسی راهکارهای مناسب جهت هوشمند سازی ساختمان های تجاری با به کارگیری اینترنت اشیا (IOT)

محمد امین میر باقری*[۱]،حسن جوانشیر[۲]، مجید صافحیان[۳]

۱- کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، معماری و هنر واحد علوم و تحقیقات ، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار، مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع،واحد تهران جنوب،دانشگاه آزاد اسلامی،تهران، ایران

۳- استادیار، مهندسی عمران، دانشکده عمران، معماری و هنر واحد علوم و تحقیقات ،دانشگاه آزاد اسلامی،تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۰۲ آبان ۱۴۰۱؛ تاریخ بازنگری: ۱۵ آذر ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۶ آذر ۱۴۰۱؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۶ آذر ۱۴۰۱

چکیده

امروزه در مراکز تجاری ترکیب حسگرها و محرک‌های، ساختمان‌های هوشمند، به مالکان اجازه می‌دهد تا در مصرف انرژی صرفه‌جویی کنند، امنیت را افزایش دهند، اطلاعاتی در مورد محیط کار خود به کاربران بدهند و مستقیماً با استفاده از اینترنت روی ساختمان عمل کنند. ساختمان های هوشمند از حسگرهای اینترنت اشیا برای نظارت بر پارامترهای محیطی داخل ساختمان، مانند دما، رطوبت، روشنایی و کیفیت هوا استفاده می کنند. در این مقاله، ما یک راه‌حل ساختمان هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا برای مدیریت محیط داخلی پیشنهاد می‌کنیم که هدف آن ارائه عملکردهایی نظیر نظارت بر پارامترهای محیطی اتاق و تشخیص تعداد کاربران در فضا می باشد؛ همچنین یک پلتفرم ابری که در آن نهادهای مجازی داده‌های به‌دست‌آمده توسط حسگرها را جمع‌آوری می‌کنند و ابر موجودیت‌های مجازی وظایف تجزیه و تحلیل داده‌ها را با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری سیستم انجام می‌دهند. داشبورد کنترلی برای مدیریت و کنترل ساختمان نیز در این پلتفرم ابری تعبیه شده است. هدف این مقاله، تعریف، توسعه و نتایج یک پروژه را برای استفاده از حسگرها در یک مرکز تجاری پیش فرض برای نظارت و شرایط موجود در واحد های تجاری با استفاده از فناوری‌های اینترنت اشیا می باشد. در این پژوهش چیدمان و محل قرارگیری حسگرها توضیح داده شده است و به دنبال آن سنسورهای مورد استفاده، و رابط های بی سیم و فناوری های ابری مورد استفاده توضیح داده شده است. نتایج پروژه بر اساس استفاده از Bluemix با Node Red ارائه شده است.

کلمات کلیدی:

اینترنت اشیا، ساختمان هوشمند، انرژی، امنیت، هوشمند سازی ساختمان های تجاری

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: *mirbagheri.mohamadamin@gmail.com*

۱. مقدمه

در عصری که می‌توانیم لوازم الکترونیکی را در همه جا پیدا کنیم، فناوری ابعاد جدیدی به اتوماسیون تجاری آورده است. «ساختمان‌های هوشمند»، میزبان تعدادی حسگر هستند که به نوبه خود ممکن است به طور خودکار محرک‌ها را کنترل کنند، در صورتی که کاربر کسی نیست که مستقیماً روی ساختمان عمل می‌کند. بنابراین، ساختمان‌های هوشمند دستگاه‌ها و شبکه‌های الکترونیکی را برای نظارت بر متغیرهای محیطی مرتبط با شغل در یک ساختمان ترکیب می‌کنند. مانند اکثر پروژه‌های مشابه، این پروژه به ماژول‌های حسگر اجازه می‌دهد تا با یک دروازه ارتباط برقرار کنند، که به نوبه خود داده‌ها را به یک وب سرور، که ممکن است مبتنی بر ابر یا مبتنی بر یک رایانه محلی باشد، ارسال می‌کند. بسیاری از سیستم‌های مدیریت ساختمان هوشمند در سال‌های اخیر ظهور کرده‌اند، از جمله پلتفرم مدیریت ساختمان اینتل [۱]. این پروژه بخشی از یک ابتکار بزرگتر است که به محققان اجازه می دهد تا برنامه های کاربردی اینترنت اشیا را توسعه دهند. تکمیل پروژه، توسعه دهندگان را ملزم به استفاده از مهارت های تعدادی از رشته های مختلف از جمله توسعه نرم افزار، تجزیه و تحلیل داده ها، سخت افزار و توسعه سیستم های تعبیه شده می کرد. این باعث شد که این تحقیق به عنوان یک پلتفرم آموزشی مناسب باشد، که به نوبه خود به این معنی است که از پلتفرم های مدیریت ساختمان هوشمند تجاری استفاده می شود.

اینترنت اشیا[1] اصطلاحی است برای توصیف دنیایی که درآن اشیا قادر خواهند بود با اتصال به اینترنت یا به کمک ابزارهای ارتباطی، با سایر اشیا تعامل داشته باشند و اطلاعات خود را با هم و یا با انسان ها به اشتراک بگذارند و کالس جدیدی از قابلیت ها، برنامه های کاربردی و سرویس ها را ارائه دهند. دنیایی که درآن تمامی اشیا و دستگاههای نامتجانس قابلیت آدرس دهی و در نتیجه قابلیت کنترل پذیری دارند. اینترنت اشیا، نوآوری آینده در زمینه تکنولوژی های بیسیم محسوب میشود و در بسیاری از زمینه ها و حوزه ها دارای کاربرد است(۴). اینترنت اشیاء یک الگوی جدید تکنولوژی است و به عنوان یک شبکه جهانی از ماشین ها و دستگاه هایی می باشد که توانایی تعامل با یکدیگر را دارند . به عنوان یکی از مهمترین محورهای تکنولوژی آینده شناخته شده و توجه قابل مالحظه ای از صنعت را به خود اختصاص داده است. البته این تکنولوژی جدید نیاز به چند تکنولوژی ضروری داشته و همچنین با چالش هایی مواجه است. این تکنولوژی دامنه ی زیادی دارد مثل تولید کنندگان , مراقبت و بهینه سازی مصرف انرژی برای کمک به توسعه برنامه ها و همچنین قادر به بهره برداری از این برنامه ها در مدل های کسب و کاراست. اینترنت اشیاء یک اتصال از طریق اینترنت برای اشیاء توسط سنسورها و فعال کننده ها و ارتباط تکنولوژی ها به دنیای فیزیکی است (۶).

این یک واقعیت است که حدود ۴۰٪ از انرژی مصرفی در سراسر جهان توسط ساختمان ها مصرف می شود تا کاربران ساختمان ها با محیط های داخلی سالم و راحت برای زندگی و کار در آن استفاده کنند، زیرا آنها بیش از ۹۰٪ از زمان خود را در داخل خانه می گذرانند [۱]. به همین دلیل، در سال‌های اخیر، افزایش قابل توجهی در توسعه سیستم‌های کنترل ساختمان هوشمند (هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا) صورت گرفته است که هدف آن اتصال متغیرهای محیطی نظارت شده (مانند دما، رطوبت، روشنایی و کیفیت هوا) با مدیریت ساختمان است. سیستم‌ها (به عنوان مثال، سیستم گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع[2] ، سیستم روشنایی) برای بهینه‌سازی وضعیت محیطی داخلی ساختمان [۲،۳]. با این حال، این سیستم ها همچنین نیاز به دانستن اطلاعات اشغال ساختمان دارند، زیرا این امر نقش اساسی در تعیین تصمیمات کنترلی کارآمد دارد. اطلاعات حضور اشغال، در واقع، به چند دلیل بسیار مهم است [۴]:

[1] Internet of Things
[2] HVAC

- تهویه مطبوع: تعداد کاربران محیط (و همچنین ترجیحات آنها) زمان عملیات و تنظیم دمای سیستم های تهویه مطبوع را تعیین می کند.
- کیفیت هوا: به دلیل همه‌گیری COVID-19، اکنون بیش از هر زمان دیگری نیاز به نظارت بر کیفیت هوای داخل ساختمان و ایجاد محیطی سالم وجود دارد که از کاربران محیط در برابر آلودگی محافظت کند.
- روشنایی: اطلاعات اشغال زمان عملیات و شدت سیستم های روشنایی داخلی را تنظیم می کند.
- امنیت: اطلاعات مربوط به حضور و توزیع افراد در ساختمان ها برای سیستم های مدیریت امنیتی حیاتی است، مانند تخلیه اضطراری.

بنابراین، نظارت بر اطلاعات حضور افراد، راه‌حل‌های ساختمان هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا را قادر می‌سازد تا در مصرف انرژی صرفه‌جویی کنند و محیطی سالم را فراهم کنند. مصرف انرژی در واقع به شدت به تعداد کاربران محیط و رفتار آنها بستگی دارد [۵]. هنگامی که سیستم های تهویه مطبوع بر اساس اطلاعات اشغال کنترل می شوند، صرفه جویی در انرژی می تواند از ۱۰٪ تا ۴۰٪ متغیر باشد، در حالی که سیستم های روشنایی به طور بالقوه می توانند تا ۷۵٪ صرفه جویی کنند [۹]. از سوی دیگر، یک محیط سالم به کیفیت هوا بستگی دارد که معمولاً با استفاده از سنسورهای CO2 و حسگرهای ترکیب گازهای سمی[3] تخمین زده می‌شود. این سنسورها به ترتیب غلظت CO2 و مواد گازی را در محیط ساخته شده اندازه گیری می کنند. سپس یک نرخ مبادله هوای مکرر برای حفظ سطح بهینه کیفیت هوا در محیط مورد نیاز است، که به کاهش خطر عفونت COVID-19 در ساختمان نیز کمک می کند [۱۰]. اگرچه افزایش نرخ جریان هوای تازه منجر به مصرف انرژی تهویه مطبوع بیشتر می‌شود، اما باید مصالحه‌ای توسط سیستم هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا پیدا شود تا محیطی را فراهم کند که هم سلامت و هم راحتی کاربران ساختمان را در نظر بگیرد.

راه حل های هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا بر ترکیبی از فناوری های اطلاعات و ارتباطات[4] به خوبی تثبیت شده و نوظهور مانند شبکه های بی سیم، اینترنت اشیا و رایانش ابری متکی هستند. اینترنت اشیا شبکه ای از اشیاء فیزیکی است که به طور منحصر به فرد قابل آدرس دهی هستند که داده ها را بر اساس پروتکل های ارتباطی استاندارد مبادله می کنند [۱۱]. با راه‌حل‌های مبتنی بر اینترنت اشیا، انواع مختلفی از حسگرها را می‌توان برای اندازه‌گیری پارامترهای داخلی مورد نیاز ساختمان، مانند دما، روشنایی، اشغال و مصرف انرژی استفاده کرد [۱۲]. سپس اطلاعات جمع‌آوری‌شده، معمولاً با استفاده از شبکه‌های بی‌سیم، به پلتفرم‌های نرم‌افزار ابری منتقل می‌شود که نقشی حیاتی در تبادل، ذخیره‌سازی و انتشار داده‌ها در انبوهی از پروتکل‌های مختلف بازی می‌کنند[۲۶]. با توجه به حجم عظیمی از داده های تولید شده توسط حسگرهای هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا ، تجزیه و تحلیل داده ها و تکنیک های یادگیری ماشین[5] برای استخراج بینش های مفید و جالب در زمینه بافت کاربر و سلامت ساختمان مورد نیاز است و می تواند برای طراحی مدیریت هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا مورد استفاده قرار گیرد [۱۳]. در نهایت، پلتفرم‌های ابری انواع کاربردهای مختلف ساختمان مانند سلامت و راحتی کاربران، سرگرمی، کارایی انرژی و ایمنی را ارائه می‌دهند [۱۴].

۲. مفاهیم و مبانی نظری تحقیق

با گسترش راه‌حل‌ها و برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا، توسعه سریع برنامه‌های اتوماسیون تجاری با افزایش تدریجی اندازه محیط‌های خودکار، رفتن از اتاق نشیمن به آپارتمان، عبور از کل ساختمان‌ها و پایان دادن به سناریوی وسیع‌تر صورت گرفته

[3] VOC
[4] ICT
[5] machine learning (ML)

است. از شهرهای هوشمند برای بیش از دو دهه، کلمه "ساختمان های هوشمند" برای توصیف ایده سیستم های شبکه و زیرساخت ساختمان و همچنین بهره وری انرژی استفاده شده است. امروزه، مفهوم ساختمان هوشمند مفهوم گذشته سیستم کنترل شده با کامپیوتر کارآمد را با افزودن زیرسیستم هایی برای مدیریت و کنترل منابع انرژی تجدیدپذیر، لوازم خانگی و مصرف انرژی با استفاده از اغلب فناوری ارتباطات بی سیم گسترش می دهد [۱۲]. اینترنت اشیا اشکال جدیدی از خدمات را به همه به منظور بهبود زندگی روزمره ارائه می دهد. از آنجایی که دستگاه ها با دیگران تعامل دارند، مستقل کار می کنند و اندازه گیری ها و داده ها را گزارش می دهند، هوشمندتر می شود. "داده های بزرگ" اصطلاحی است که برای توصیف حجم عظیم داده های جمع آوری شده توسط همه این ماشین های به هم پیوسته (BD) استفاده می شود. IoT-Big Data رایج ترین شکل BD است. در ادامه، مرتبط‌ترین راه‌حل‌های ساختمان هوشمند و نحوه استفاده از ابزارهای یادگیری ماشین در این سناریوی کاربردی نشان داده خواهد شد.

ساختمان‌های هوشمند به لطف فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات می‌توانند هم با دستگاه‌ها و لوازم داخلی و هم با محیط اطراف خود ارتباط برقرار کنند. آنها همچنین به شرایط شبکه واکنش نشان می دهند و با سیستم های دیگر تعامل خواهند داشت و در نتیجه ریزشبکه های فعال ایجاد می شود. به طور کلی، ساختمان هوشمند شامل موارد زیر است: حسگرهایی که شرایط را کنترل می کنند و در صورت تغییر، هشدار ارسال می کنند. محرک هایی که به صورت فیزیکی عمل می کنند. کنترل کننده ها بر اساس قوانین برنامه ریزی شده توسط کاربر. واحد مرکزی اجازه می دهد تا دستگاه های سیستم برنامه ریزی شوند. رابط کاربری با سیستم اتوماسیون ساختمان از حسگرها، محرک‌ها، کنترل‌ها، یک واحد اصلی و رابط‌هایی با معماری شبکه تشکیل شده است. ذخیره انرژی و منابع انرژی تجدید پذیر محدود در خانه انرژی هوشمند، علاوه بر عناصر ذکر شده قبلی، استفاده می شود. بنابراین یک هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا همگرایی طیف گسترده ای از سیستم ها و امکانات در یک چارچوب واحد است، از جمله سیستم های ذخیره سازی انرژی، سیستم های نظارتی برای محیط زیست، سیستم های کنترل دسترسی، ایمنی، کنترل روشنایی، مخابرات، اتوماسیون اداری، محلی سازی داخلی، تعمیر و نگهداری سیستم ها و سیستم های خبره [۱۲].

دونگ و همکاران [۳] یک بررسی سیستماتیک در مورد تأثیر حسگرهای داخلی در مدیریت بهینه صرفه جویی در انرژی، آسایش حرارتی، آسایش بصری و کیفیت هوای داخلی در محیط ساخته شده ارائه می کند. چارچوبی برای محیط های اینترنت اشیا توسط چوبی[6] و همکارانش توضیح داده شده است. [۱۶] که مبتنی بر پردازش و تصمیم گیری داده های محلی است. مدیریت کارآمد توسط این چارچوب برای شبکه حسگر محلی ارائه شده است. واحد اصلی پیشنهادی مجموعه‌ای از داده‌ها را از شبکه حسگرهای نصب‌شده که در مکان‌های مختلف داخل و اطراف خانه قرار داشتند می‌سازد و به طور هوشمند وابستگی‌های بین آنها را شناسایی می‌کند. علاوه بر این، با هدف استخراج دانش به صورت محلی، حسگرها در زمان واقعی روشن می شوند تا افزونگی در استفاده و مصرف برق را به حداقل برسانند. لیلیس و همکاران [۱۷] مزایا و معایب یک ساختمان هوشمند کاملاً مجهز به اینترنت اشیا و قابل کنترل را در مقایسه با سیستم‌های اتوماسیون قدیمی و قدیمی که به طور منصفانه و شفاف ارزیابی می‌شوند، مورد بحث قرار می‌دهند. این مقاله یک معماری ساختمان هوشمند قابل همکاری را برای ساخت طرح‌های مدیریت ساختمان نوآورانه با استفاده از ابزارهای اتوماسیون موجود و پیشرفت‌های جدید ارائه می‌کند. مورنو و همکاران [۱۸] یک رویکرد صرفه جویی در مصرف انرژی ساختمان با هدف تولید مدل های آماری مصرف انرژی ساختمان پیشنهاد کرد. علاوه بر این، به منظور اعتبار سنجی راه حل پیشنهادی، نویسندگان از یک ساختمان مرجع استفاده کردند که برای آن یک سال داده منسجم دارند. در نهایت، نویسندگان اقدامات صرفه جویی در انرژی و استراتژی های کنترلی برای خانه را گزارش می دهند. مورنو و همکاران [۱۹] یک طرح محلی سازی داخلی برای یک خانه هوشمند را توصیف می کند. امکانات مختلفی در این ساختمان به جامعه ساختمان ارائه می شود که می توان به جایگزینی برای مشکلات مصرف انرژی اشاره کرد. نویسندگان همچنین مکانیزمی

[6] Choubey

را ارائه می‌کنند که از تشخیص فرکانس رادیویی و داده‌های مادون قرمز برای ارائه راه‌حل‌هایی برای الزامات محلی‌سازی استفاده می‌کند. در نهایت، نتایج محاسبه در مورد داده های موقعیت کاربر بسیار دقیق است. در نتیجه، آنها یک رویکرد کم هزینه برای سازگاری جوی بر اساس فعالیت های انسانی ارائه می دهند[۳۱]. برای اینکه یک ساختمان «هوشمند» باشد، مهم است که همه دستگاه‌ها و سیستم‌های موجود در ساختمان به طور ایمن با یکدیگر و با تلفن‌های هوشمند، تبلت‌ها و پوشیدنی‌های کاربران ارتباط برقرار کرده و داده‌ها را مبادله کنند. پلتفرم‌های نرم‌افزاری نقشی حیاتی در تبادل، ذخیره‌سازی و انتشار اطلاعات در انبوهی از پروتکل‌های مختلف بازی می‌کنند. هدف بسیاری از سهامداران هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا توسعه پلتفرم های نرم افزاری منبع باز برای تسهیل فرآیند تبادل داده بین دستگاه های تولید کنندگان مختلف است. بنابراین، کاربران در آینده در هنگام استفاده از دستگاه های الکتریکی و الکترونیکی تولید کنندگان مختلف در خانه، نگران مسائل مربوط به سازگاری نخواهند بود. علاوه بر این، پلت فرم نرم افزاری همچنین می تواند انواع خدمات مختلف ساختمان مانند سرگرمی، بهره وری انرژی و ایمنی را ارائه دهد [۱۴].

از سایر تحقیقات انجام شده می توان به تالاوارا[7] و سایرین(۲۰۱۷) درمورد کاربردهای IOTدرکشاورزی محیط زیست وصنعتی بررسی انجام دادند . در این مقاله، چهارحوزه شامل پیش بینی، نظارت ، کنترل وآماده سازی در نظر گرفته شده است. موضوعات ذکر شده در این بررسی شامل این مباحث است: استاندارد سازی قدرتمند ، مصرف انرژی بهتر،امنیت ، قابلیت استفاده مجدد از قطعات نرم افزاری و سخت افزاری ، کاهش هزینه ، سازگاری مناسب با زیرساخت های موجود و مسائل مقیاس پذیری. مزیت این مطالعه ارائه آمارهای سودمند و جامع در مورد مطالعات و اقدامات در کاربردهای محیط زیست و کشت و ساخت در مفاد IoT است. ضعف اصلی این بررسی این است که تفسیر پیشینه تحقیق ناکافی است. هان[8] و همکاران(۲۰۱۶) یک بررسی در مورد مشکل ترکیب بندی خدمات پروتکل اینترنت (IP) اشیاء هوشمند IoT ارائه دادند. ضعف اصلی این بررسی این است که عوامل ارزیابی از جمله در دسترس بودن، زمان پاسخ، هزینه و مقیاس پذیری به عنوان فاکتورهای مهم کیفیت مورد بررسی قرار نگرفته است. لی[9] و همکاران (۲۰۱۵) یک بررسی در تکنیک های اصلی IoT ارائه داده اند. این بررسی در مورد لایه های معماری از جمله لایه ادراک، لایه شبکه، لایه سرویس و لایه واسط بحث شده است. مزیت این بررسی ارائه موضوعات و چالش های گسترده در IoT است، با این حال، سازگاری هر رویکرد در کاربردهای IoT مورد توجه قرار نگرفته است. یک تحقیق در مورد IoT توسط رای[10](۲۰۱۸) ارائه شده است. این مطالعه در مورد مباحثی مانند معماری سرویس گرا (SOA)، WSN، سیستم های مراقبت های بهداشتی و محاسبات اجتماعی بحث می کند. نقص اصلی این مطالعه عدم ارائه هیچ گونه تحلیل در مورد پارامترهای ارزیابی از قبیل در دسترس بودن، مصرف انرژی، هزینه، زمان پاسخ و قابلیت اطمینان به عنوان فاکتورهای کیفیت در این حوزه است.

SmartThings پلتفرم دیگری است که سخت افزار، حسگرها و برنامه های نرم افزاری را گرد هم می آورد. حسگرها داده‌های پس‌زمینه را جمع‌آوری می‌کنند که برای هدایت استدلال و رفتار اتخاذ شده توسط سیستم استفاده می‌شوند. [۲۱]. به عنوان مثال، آبپاش در حیاط، باران را احساس می کند و برای صرفه جویی در مصرف آب خاموش می شود. سنسورها، دوربین های موبایل و هاب ها در بسته SmartThings گنجانده شده است. هاب SmartThing که حسگرها، تجهیزات ساختمانی و ابر را به هم متصل می کند، بخشی از این سیستم است. با انواع پروتکل های شبکه از جمله Zigbee، Z-Wave و Wi-Fi کار می کند. SmartThings همچنین با سنسورها و سیستم های دیگر، از جمله ترموستات، سنسورهای دما، و سنسورهای حرکتی کار می کند. پلت فرم HomeOS مایکروسافت را می توان روی رایانه شخصی نصب کرد. [۲۲]. این یک پلت فرم باز است که به رایانه

[7] Talavera
[8] Han
[9] Li
[10] Ray

های مبتنی بر ویندوز محدود نمی شود. نصب برنامه های کاربردی برای اهداف مختلف اتوماسیون، مانند گرفتن تصویر از دوربین در و ارسال آن برای ساکنین هنگام به صدا درآمدن زنگ در، با پلت فرم HomeOS امکان پذیر است. HomeOS معمولاً روی دستگاهی نصب می شود که به عنوان هاب خانه عمل می کند. HomeOS از کنترل دسترسی مبتنی بر Datalog برای ساده‌سازی امنیت خانه هوشمند و خدمات مستقل از پروتکل استفاده می‌کند تا توسعه‌دهندگان دسترسی ساده‌ای به دستگاه‌ها داشته باشند. Lab of Things (LoT) یک چارچوب آزمایشی هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا برای دستگاه های متصل است. [۲۳]. این پلتفرم، در ارتباط با HomeOS، طراحی برنامه‌های کاربردی برای سرویس‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، مانند مراقبت‌های بهداشتی و مدیریت انرژی را آسان‌تر می‌کند[۲۶]. LoT پلتفرمی را ارائه می دهد که شامل عملکردهایی مانند کنترل از راه دور و ارتقاء سیستم و همچنین ثبت داده های به دست آمده از دستگاه های مختلف به فضای ذخیره سازی ابری است. این امکان تبادل و جمع آوری داده ها، به اشتراک گذاری کد، اتصال حسگر به پلت فرم نرم افزار و تعامل کاربر با HomeOS را فراهم می کند. OpenHAB یک پلت فرم توسعه منبع باز برای ادغام فناوری های متنوع در هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا با استفاده از رویکرد میان افزار است. در سناریوی هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا، پلتفرم OpenHAB از طیف گسترده ای از فناوری ها و دستگاه های شبکه پشتیبانی می کند. به دلیل عدم وجود یک پروتکل استاندارد که نیاز به چندین دستگاه برای ارتباط با سیستم اتوماسیون ساختمان دارد، اتکا به یک فروشنده خاص به یک چالش تبدیل شده است [۳۵]. هدف اصلی پلتفرم OpenHAB استفاده از یک رویکرد مبتنی بر جامعه برای ترکیب دستگاه ها و نرم افزارهای جدید در چارچوب هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا است. برای همکاری بین فناوری‌های ارتباطی مختلف و رایانه‌ها، OpenHAB از یک چارچوب مدولار مبتنی بر OSGi استفاده می‌کند. فناوری‌های پشتیبانی‌شده زیادی مانند EnOcean، KNX، Z-Wave و غیره وجود دارد که از طریق اتصال‌های ویژه پشتیبانی می‌شوند [۲۵]. Eclipse Smarthome یک چارچوب هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا است که بر روی اکوسیستم های ناهمگن مانند ساختمان های هوشمند و کمک به زندگی محیطی کار می کند. این پلتفرم تعدادی از پروتکل های ارتباطی فعلی را در نظر می گیرد. Eclipse SmartHome چارچوبی برای انتزاع و ترجمه است که امکان همکاری در سراسر مرزهای دستگاه و پروتکل را فراهم می کند. این شامل تعدادی پلاگین، پروتکل ها و مشخصات مفید برای برنامه های هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا است. [۲۴].

این فریم ورک با انواع دستگاه های تعبیه شده از جمله BeagleBone سازگار است. Black ، Intel Edison و Raspberry Pi. برنامه‌های افزودنی Eclipse SmartHome با انواع پیاده‌سازی‌های فروشندگان سازگار است. این بدان معناست که کد ایجاد شده برای یک کاربرد خاص می تواند به راحتی به پلتفرم های مصرف کننده منتقل شود. [۲۵]. همانطور که در بالا نشان داده شد، در سناریوی هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا یک پیشرفته ترین حالت جامع در راه حل های عمودی وجود دارد که با چندین راه حل تجاری همراه است. مشکل اصلی این پلتفرم‌ها این است که این عمودی بودن امکان تعامل مناسب بین سیستم‌ها را نمی‌دهد، در حالی که بسیاری از حسگرهای موبایلی که متعلق به کاربران هستند، مانند پوشیدنی‌ها و گوشی‌های هوشمند، نمی‌توانند به راحتی و به صورت پویا در منطق مدیریت هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا ادغام شوند. علاوه بر این، این واقعیت که اشیاء آورده شده توسط بازدیدکنندگان یا کاربران ساختمان می توانند به صورت پویا در شبکه حسگر ادغام شوند، مسائل مربوط به قابلیت اطمینان و حفظ حریم خصوصی اطلاعات تولید شده را ایجاد می کند[۲۶]. درجدول ۱ به چکیده نظریات و پروژه های انجام شده در زمینه اینترنت اشیا پرداخته شده است.

جدول ۱. چکیده نظریات و پروژه های انجام شده در زمینه اینترنت اشیا

محقق	سال	موضوع تحقیق	نتیجه
دونگ و همکاران	۲۰۱۹	سیستم‌های کنترل ساختمان هوشمند (هوشمند سازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا)	بررسی سیستماتیک در مورد تأثیر حسگرهای داخلی در مدیریت بهینه صرفه جویی در انرژی، آسایش حرارتی، آسایش بصری و کیفیت هوای داخلی در محیط ساخته شده
Choubey و همکارانش	۲۰۱۵	پردازش و تصمیم گیری داده های محلی	پیشنهادی مجموعه‌ای از داده‌ها را از شبکه حسگرهای نصب‌شده که در مکان‌های مختلف داخل و اطراف خانه، حسگرها در زمان واقعی روشن می شوند تا افزونگی در استفاده و مصرف برق را به حداقل برسانند.
لیلیس و همکاران	۲۰۱۷	مزایا و معایب یک ساختمان هوشمند کاملاً مجهز به اینترنت اشیا و قابل کنترل را در مقایسه با سیستم‌های اتوماسیون قدیمی	یک معماری ساختمان هوشمند قابل همکاری را برای ساخت طرح‌های مدیریت ساختمان نوآورانه با استفاده از ابزارهای اتوماسیون موجود و پیشرفت‌های جدید ارائه می‌کند.
مورنو و همکاران	۲۰۱۶	رویکرد صرفه جویی در مصرف انرژی ساختمان با هدف تولید مدل های آماری مصرف انرژی ساختمان	یک طرح محلی سازی داخلی برای یک خانه هوشمند را توصیف می کند. امکانات مختلفی در این ساختمان به جامعه ساختمان ارائه می شود که می توان به جایگزینی برای مشکلات مصرف انرژی اشاره کرد. نتایج محاسبه در مورد داده های موقعیت کاربر بسیار دقیق بود و در نتیجه، آنها یک رویکرد کم هزینه برای سازگاری جوی بر اساس فعالیت های انسانی ارائه می دهند
تالاوارا و سایرین	۲۰۱۷	کاربردهای IOTدرکشاورزی و صنعت	ارائه آمارهای سودمند و جامع در مورد مطالعات و اقدامات در کاربردهای محیط زیست و کشت و ساخت در مفاد IoT است.
هان و همکاران	۲۰۱۶	مشکل ترکیب بندی خدمات پروتکل اینترنت (IP) اشیاء هوشمند IoT	عوامل ارزیابی از جمله در دسترس بودن، زمان پاسخ، هزینه و مقیاس پذیری به عنوان فاکتورهای مهم کیفیت مورد بررسی قرار نگرفته است
لی و همکاران	۲۰۱۵	تکنیک های اصلی IoT	بررسی در مورد لایه های معماری از جمله لایه ادراک، لایه شبکه، لایه سرویس و لایه واسط
رای	۲۰۱۸	معماری سرویس گرا (SOA)، WSN، سیستم های مراقبت های بهداشتی و محاسبات اجتماعی	پارامترهای ارزیابی از قبیل در دسترس بودن، مصرف انرژی، هزینه، زمان پاسخ و قابلیت اطمینان به عنوان فاکتورهای کیفیت در این حوزه است.

۱.۲. سیستم ساختمان هوشمند

سیستم ساختمان هوشمند پیشنهادی (هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا) با هدف ارائه عملکردهای اصلی زیر توسعه یافته است:

۱- اندازه گیری و نظارت مستقل پارامترهای محیطی اتاق، یعنی دما، رطوبت، روشنایی، هوای سالم
۲- تشخیص و شمارش خودکار و خودکار تعداد افراد (کاربران) در داخل اتاق های تحت نظارت.
۳- داشبورد کنترل برای مدیریت ساختمان.

۴- تجزیه و تحلیل داده ها و آمار در مورد پارامترهای محیطی اتاق های ساختمان نظارت شده.
۵- مدل‌های مبتنی بر ML برای پیش‌بینی تعداد کاربران و غلظت TVOC در اتاق.

معماری سیستم هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا بر اساس معماری Lysis به عنوان محیط اینترنت اشیا است زیرا مزایای متعددی از جمله مقیاس پذیری بالا به دلیل بهره برداری از پارادایم اینترنت اشیاء اجتماعی، انعطاف پذیری بالا و قابلیت ارتقا آسان به لطف مجازی سازی کامل دستگاه های فیزیکی را ارائه می دهد. معماری به چهار سطح تقسیم می‌شود: سطح سخت‌افزار شامل دستگاه‌های فیزیکی است که داده‌ها را از دنیای واقعی به دست می‌آورند، در حالی که سطوح مجازی‌سازی، تجمیع و کاربرد به پلت‌فرم نرم‌افزار و سرویس‌هایی که در فضای ابری توسعه داده می‌شوند و امکان پردازش، مدیریت را می‌دهند. در دسترس بودن سنسورها امکان اندازه‌گیری دما، روشنایی، رطوبت و غیره را در ساختمان‌های هوشمند فراهم می‌کند و در صورت ترکیب با استفاده از محرک‌ها، مزایایی را از نظر افزایش راحتی ارائه می‌دهد. مهمتر از همه، استفاده از حسگرها و محرک‌ها در یک ساختمان هوشمند، از عملکرد سازگار با محیط زیست پشتیبانی می‌کند: استفاده از فناوری به مردم اجازه می‌دهد تا تلفات انرژی را کنترل کنند، برای مثال با تنظیم دما یا روشنایی بدون دخالت انسان. ملاحظات زیر طراحی و اجرای نمونه اولیه ساختمان هوشمند IoT را نشان می دهد.

- آب و هوا: دما در ساختمان های تجاری عامل مهمی است: برای راحتی و بهره وری مطلوب دمای واحدهای تجاری باید بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی گراد باشد. به طور سنتی، گرمایش و تهویه مطبوع به صورت دستی یا با کنترل از راه دور کنترل می شد، اما برای کنترل خودکار، دو سناریو باید در نظر گرفته شود: گرمایش مرکزی و گرمایش جداگانه در هر اتاق. در مورد اول فقط یک سنسور در مرکز ساختمان استفاده می شود، در حالی که مورد دوم به اندازه تعداد اتاق هایی که برای نظارت و کنترل وجود دارد، سنسور و تجهیزات دارد. در حالت ایده آل، ما در هر اتاق سنسورها، بخاری ها و تهویه مطبوع داریم که امکان کنترل انعطاف پذیر شرایط را در اتاق های جداگانه فراهم می کند.

- روشنایی: نور مصنوعی ممکن است یک عامل هزینه قابل توجه در بسیاری از ساختمان های تجاری باشد. استفاده از حسگرها برای نظارت بر سطوح روشنایی در یک اتاق، همراه با حسگرهایی برای تشخیص حضور افراد در اتاق، فرصت هایی را برای صرفه جویی قابل توجه در هزینه و کاهش مصرف انرژی فراهم می کند. این سیستم را می توان با اجازه دادن به کاربران برای تطبیق نور برای شرایط یا محیط های مختلف تقویت کرد[۲۷].

- مصرف برق: ساختمان های سنتی اغلب فقط یک کنتور برق دارند. بنابراین مردم نه می توانند به راحتی مصرف برق خود را پیگیری کنند و نه نحوه استفاده از برق را تجزیه و تحلیل کنند. در یک ساختمان هوشمند، ساختار سیستم مدیریت انرژی به افراد این امکان را می دهد که مصرف انرژی خود را در یک برنامه کاربردی یا در اینترنت دنبال کنند. اندازه گیری گسترده جریان مصرف شده توسط دستگاه های جداگانه به کاربران اجازه می دهد تا نحوه مصرف انرژی را مشاهده کنند و در نتیجه مصرف انرژی و اتلاف احتمالی خود را کاهش دهند[۳۴].

- مصرف آب: مانند مصرف برق، اندازه گیری مصرف آب نیز می تواند افراد را برای جلوگیری از تلفات آب حساس کند. نمایش سطوح مصرف آب و نشان دادن هزینه‌های چنین استفاده‌ای در نهایت می‌تواند انگیزه پذیرش گسترده‌تر تکنیک‌هایی مانند جمع‌آوری آب باران برای کاهش مصرف آب باشد[۱۷].

- تشخیص آتش، دود و مونوکسید کربن: آتش سوزی یک خطر قابل توجه برای جان و مال در ساختمان ها است. تشخیص حریق و بالا بردن آلارم با استفاده از حسگرهای موجود در هر اتاق یک ضرورت در یک ساختمان هوشمند است. علاوه بر این، سنسورهای مونوکسید کربن راه دیگری برای جلوگیری از مرگ و میر هستند[۱۹].

- تشخیص نشت: سنسورهای آب که در نزدیکی سینک‌ها، دوش‌ها و سایر نقاط آب قرار می‌گیرند ممکن است نشان دهند که خطر سیل وجود دارد و ساختمان باید به صاحبان خود در مورد خطرات هشدار دهد و در صورت امکان اقدامات متقابل را فعال کند[۲۰].

وضعیت پنجره ها: در صورت حضور کودکان در ساختمان، پنجره‌های باز می‌تواند یک مشکل ایمنی باشد یا در صورت وجود مزاحمان احتمالی، یک مشکل امنیتی باشد. اگر حسگرهای حرکتی به یک ساختمان هوشمند اجازه دهند موردی را تشخیص دهند که در آن کاربران از ساختمان خارج می‌شوند اما پنجره‌ای را باز می‌گذارند، هشداری برای کاربران ارسال می‌شود. [۲۳].

۳. روش تحقیق

اگرچه بسیاری از سیستم‌های هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا در ادبیات پژوهش پیشنهاد شده‌اند، اکثر این پیشنهادات مبتنی بر راه‌حل‌های عمودی هستند که قابلیت همکاری کافی بین سیستم‌ها و همچنین یکپارچگی پویا از دستگاه‌های سخت‌افزاری مختلف را برای کمک به منطق مدیریت هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا تقویت نمی‌کنند[۲۸]. بنابراین، به منظور مقابله با اهداف ساختمانی ذکر شده و غلبه بر ایرادات راه حل های موجود، در این مقاله، ما یک راه حل افقی مبتنی بر اینترنت اشیاء تمام پشته طراحی می کنیم که تمام سطوح معماری اینترنت اشیا را از دستگاه های سخت افزاری در نظر می گیرد. به پلت فرم ابری، با هدف نهایی ارائه برنامه های کاربردی هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا که از مدیریت ساختمان پشتیبانی می کنند تا محیطی سالم و راحت را برای ساکنین فراهم کنند[۲۹].. متفاوت از راه حل های هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا ارائه شده در ادبیات، سیستم پیشنهادی ما به راحتی با انواع مختلف دستگاه های سخت افزاری (مانند سنسورها، دوربین ها، بردهای الکترونیکی ارزان قیمت) قابل گسترش است که به لطف مجازی سازی ها می توانند در منطق سیستم همکاری کنند. برای معاشرت با یکدیگر و تضمین انعطاف پذیری، اعتماد و حریم خصوصی [۱۵].بنابراین، پلت فرم پیشنهادی قابلیت همکاری بین حسگرهای مختلف را امکان پذیر می کند و به لطف قابلیت آن در اجرای خدمات مدولار با هدف اهداف خاص، انعطاف پذیری بیشتری را فراهم می کند [۳۰]. علاوه بر این، این سرویس ها از اجرای عملیات تجمیع داده و تجزیه و تحلیل داده ها پشتیبانی می کنند که می توانند الگوریتم های ML را برای تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده توسط حسگرهای ساختمان و استخراج اطلاعات مفید برای مدیریت ساختمان اجرا کنند.

در این مقاله، به عنوان یک مورد کاربردی عملی، ما به ویژه بر بررسی رابطه بین وضعیت محیطی داخلی ساختمان و اطلاعات اشغال ساختمان تمرکز می‌کنیم. به طور خاص، راه حل هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا مبتنی بر اینترنت اشیا پیشنهادی با هدف ارائه عملکردهای اصلی زیر است:

- امکان استفاده پویا و مدیریت دستگاه های سخت افزاری کم هزینه (مانند سنسورها و بردهای الکترونیکی) که پارامترهای ساختمان را حس و جمع آوری می کنند. در این مورد، ما LoRaWAN، ZigBee و Wi-Fi را به دوربین های نظارتی و چندین سنسور محیطی مانند دما، رطوبت، روشنایی و کیفیت هوا مجهز کردیم.

- اطلاعات اشغال ساختمان را رصد می کند. برای این کار، ما یک شبکه عصبی سبک برای تشخیص اشیا در LoRaWAN پیاده‌سازی کردیم که تعداد کاربران اتاق را می‌شمرد.

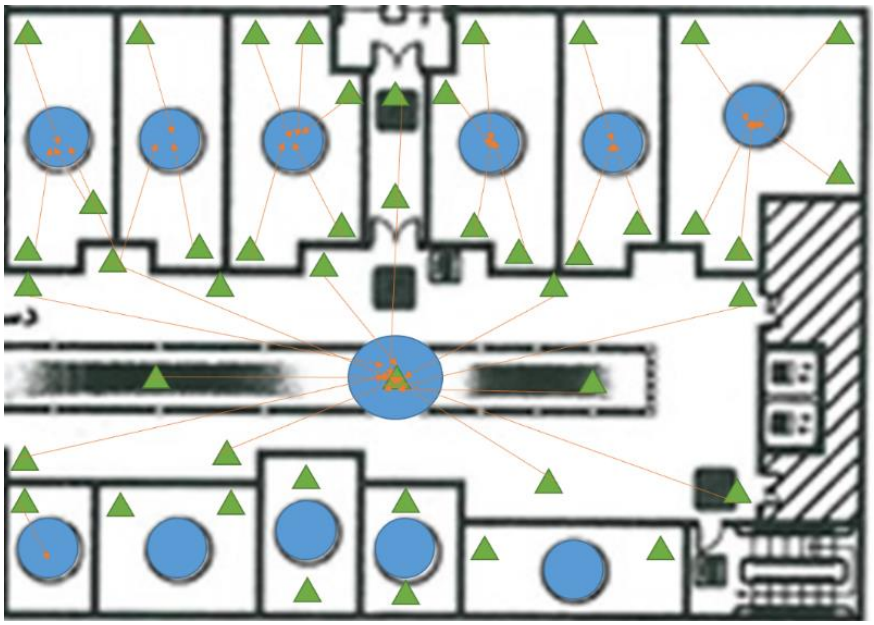
- یک پلت فرم ابری را پیاده سازی می کند که در آن موجودیت های مجازی داده های به دست آمده توسط حسگرها را جمع آوری می کنند و ابر موجودیت های مجازی مدولار وظایف تجزیه و تحلیل داده ها را با استفاده از الگوریتم های ML انجام می دهند. این قابلیت‌ها تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده و اجرای یک سرویس مبتنی بر ML را امکان‌پذیر می‌سازد که حضور کاربران را بر اساس پارامترهای محیطی نظارت شده پیش‌بینی می‌کند.

یک داشبورد کنترلی برای مدیریت و کنترل محیط ساختمان ارائه می دهد.

۴. برنامه ها و دیدگاه های کاربر نهایی

هدف این پژوهش تسهیل زندگی کاربران و استفاده کنندگان ساختمان های تجاری ، افزایش امنیت و سازگاری بیشتر با محیط زیست است. با این حال، الزامات مربوط به امنیت ساختمان و به طور دقیق‌تر نظارت بر ساختمان توسط پرسنل امنیتی، به دلایل حفظ حریم خصوصی و حجم بالای داده‌هایی که باید پردازش شوند، با الزامات نظارت بر یک فروشگاه توسط خود کسبه سازگار نیست. بنابراین، تصمیم گرفته شد که پرسنل ایمنی نیاز به یک برنامه اختصاصی داشته باشند که بتواند مسائل را در کل ساختمان و نه فقط در یک فروشگاه ردیابی کند. داده های خصوصی از فروشگاه های مختلف را نمی توان بر روی صفحه نمایش نیروی کار ساختمان نمایش داد. بر اساس این ملاحظات، دو برنامه کاربردی مختلف توسعه یافت: یکی برای کسبه فروشگاه ها و دیگری برای کارکنان امنیتی.

به عنوان ابزاری برای درک مسائل مربوط به برنامه مجتمع تجاری، بخشی از یک مجتمع تجاری را در شکل ۱ در نظر بگیرید که شامل ۱۲ فروشگاه و یک ورودی و خروجی اصلی می باشد است. این طرح شامل سنسورهای بالقوه ای نیست که نمودار را پیچیده کند.



شکل ۱. بزرگنمایی بخش از پلان طبقه همکف مجتمع تجاری گلستان – دایره آبی : چیزهایی که ما می توانیم روی آنها عمل کنیم و به محرک هایی مانند رله نیاز دارند مثلث‌های سبز: ورودی‌هایی مانند دکمه‌هایی برای روشن کردن چراغ‌ها و که می‌توانند میزبان حسگرهای نزدیک مانند سنسورهای حرکت باشند.

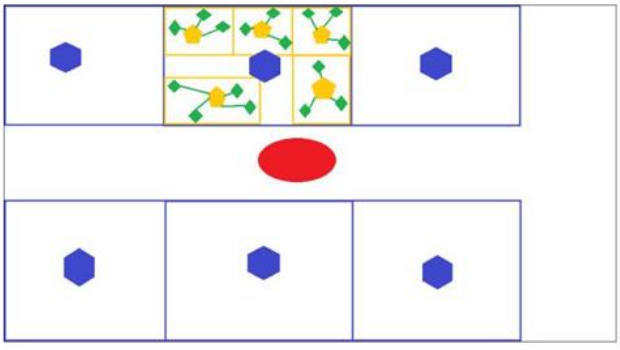
به دلایل حفظ حریم خصوصی همه ی کاربران، سیتم هوشمند سازی فقط داده های انتخاب شده در مورد ایمنی و امنیت را برای کارکنان امنیتی ساختمان ارسال می کند که شامل تشخیص آتش، دود و مونوکسید کربن است تا در صورت ایجاد هشدار، کارکنان امنیتی بتواند به موقع عمل کند. سایر اطلاعات کاربران فقط ذخیره و به اطلاع هیچکس نخواهد رسید. یک رابط ساده مانند شکل ۲ ترسیم شده است که در طبقات مختلف اتاق ها را به رنگ سبز نشان می دهد و در صورت شناسایی و بروز هشداری به رنگ قرمز تغییر رنگ داده تا کارکنان امنیتی را مطلع سازد. تصویری که کارکنان امنیتی در صورت بروز حادثه خواهند دید(مانند شکل ۲) می باشد.

شکل ۲. نمونه طرح، نمای کارکنان امنیتی

۵. تحلیل و یافته های تحقیق

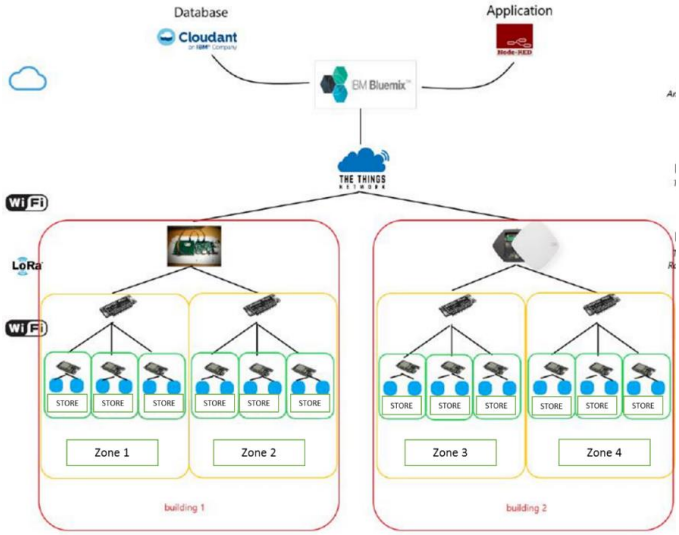
این برنامه ها به حسگرهای زیادی نیاز دارند که داده ها را در اینترنت ارسال می کنند. استفاده از شبکه بی سیم نصب را ساده می کند. برای این پروژه، ما شبکه را بر اساس LoRaWAN، یک شبکه دوربرد که از نیاز به تکرار کننده مورد نیاز برای شبکه های WiFi اجتناب می کند، بنا کردیم. این شبکه به دلیل اینکه نیاز به مصرف انرژی کمی دارد برای اینترنت اشیا (IoT) مناسب است. همچنین شبکه‌های LoRaWAN امکان ارسال داده‌ها را با سرعت بسیار بالا فراهم می‌کنند(حداکثر چند ده کیلوبیت در ثانیه در مقابل چندین مگابیت در ثانیه برای Wi-Fi) نرخ پایین ضریب ارسال داده برای پروژه های اینترنت اشیا که داده های اندازه گیری را در ده ها ثانیه یا دقیقه ارسال می کنند، کافی است. به لطف مصرف کم برق، این دستگاه ها می توانند تا یک سال با تنها یک باتری کار کنند. علاوه بر مصرف انرژی کم، مزیت مهم دیگر LoRaWAN برد طولانی آن است که می تواند به چندین کیلومتر برسد، زیرا مبتنی بر رابط بی سیم LoRa است. اگرچه سایر فناوری‌های شبکه گسترده کم مصرف (LPWAN) از جمله Sigfox در دسترس هستند، دلیل انتخاب رابط LoRa در این پروژه فناوری مدولاسیون طیف گسترده می باشد که باعث می شود تا، از دیوارها بهتر عبور کند. دستگاه های LoRa نسبتاً گران هستند، بنابراین برای جلوگیری از قرار دادن چند دستگاه از آنها در یک واحد، از آنها به عنوان متمرکز کننده داده استفاده کنیم و از پروتکل کم برد برای ارسال داده به آنها بهره خواهیم برد. در اینجا از دستگاه‌های LoPy از Pycom استفاده شده است که می‌توانند از پروتکل‌های LoRa، Sigfox، بلوتوث و Wi-Fi استفاده کنند. داده ها از طریق اینترنت و به وب سایت The Things Network با استفاده از Things Network Gateway ارسال خواهد شد. به این ترتیب، از دستگاه های پروتکل کم برد در واحد های تجاری برای کنترل محرک ها و ارسال داده ها از حسگرها به دستگاه های LoPy از طریق Wi-Fi یا بلوتوث استفاده می شود.

دستگاه‌های ESP32، از Espressif، که وای‌فای و SOC های بلوتوث ارزان هستند، این امکان را می‌دهند قبل از ارسال داده‌ها از طریق LoRa به دروازه‌ها، داده‌ها را از طریق Wi-Fi یا بلوتوث به LoPy ارسال شود. در اینجا Wi-Fi برای انتقال به شبکه LoRaWAN بر بلوتوث ترجیح داده شده است.



شکل ۳. انتقال داده: WiFi، بلوتوث و LoRa

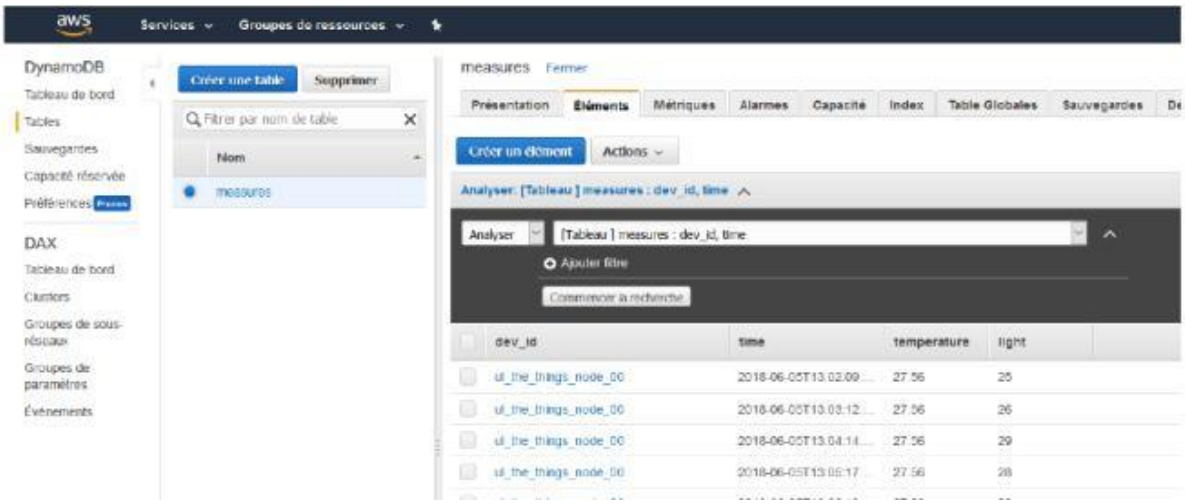
در شکل ۳ سوکت Wi-Fi قبل از ارسال این داده ها به دروازه LoRa (به رنگ قرمز)، بردهای جمع آوری داده با Wi-Fi (به رنگ زرد) و مجهز به حسگرها (به رنگ سبز) را نشان می دهد. سازماندهی کلی پروژه در شکل ۴ آورده شده است.



شکل ۴. سازمان و ساختار پروژه

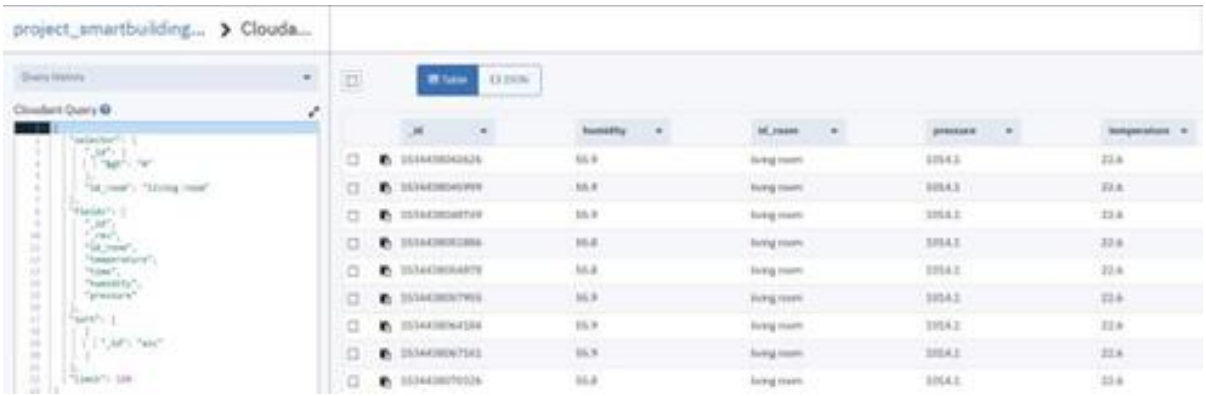
یک گره حسگر نمونه اولیه با استفاده از دستگاه ESP32 و حسگر 680BME ایجاد شد که دما، فشار، رطوبت و حضور گازهای سمی (VOC) را اندازه‌گیری می‌کند. ESP32 با SSID و رمز عبور به نقطه دسترسی Wi-Fi LoPy (دستگاه PyCom) متصل می شود. این یک سوکت را به شبکه LoPy و در پورت سوکت آن متصل می کند. ESP32 داده ها را از طریق Wi-Fi از طریق این سوکت ارسال می کند. LoPy داده ها را از طریق LoRaWAN ارسال می کند. این سنسور در شکل ۴ در پایین ترین سطح بلوک قرار دارد. داده های گره حسگر نمونه اولیه با استفاده از LoRaWAN و Things Network Gateway به وب سایت TTN ارسال خواهد شد. شکل ۵ کنسول TTN را با داده های حسگر نمونه اولیه نمایش می دهد.

وب سایت TTN می تواند داده ها را به مدت ۷ روز ذخیره کند یا می تواند داده ها را به سرور ارسال کند. در این پروژه، ما یک پایگاه داده DynamoDB را در سرویس‌های وب آمازون (AWS) راه‌اندازی کردیم تا داده‌ها را در صورت نیاز بر روی یک ابر دریافت کنیم. DynamoDB پایگاه های داده بدون SQL هستند که داده ها را به روشی انعطاف پذیر ذخیره می کنند. شکل ۵ نمونه اولیه داده های حسگر را در AWS نشان می دهد.



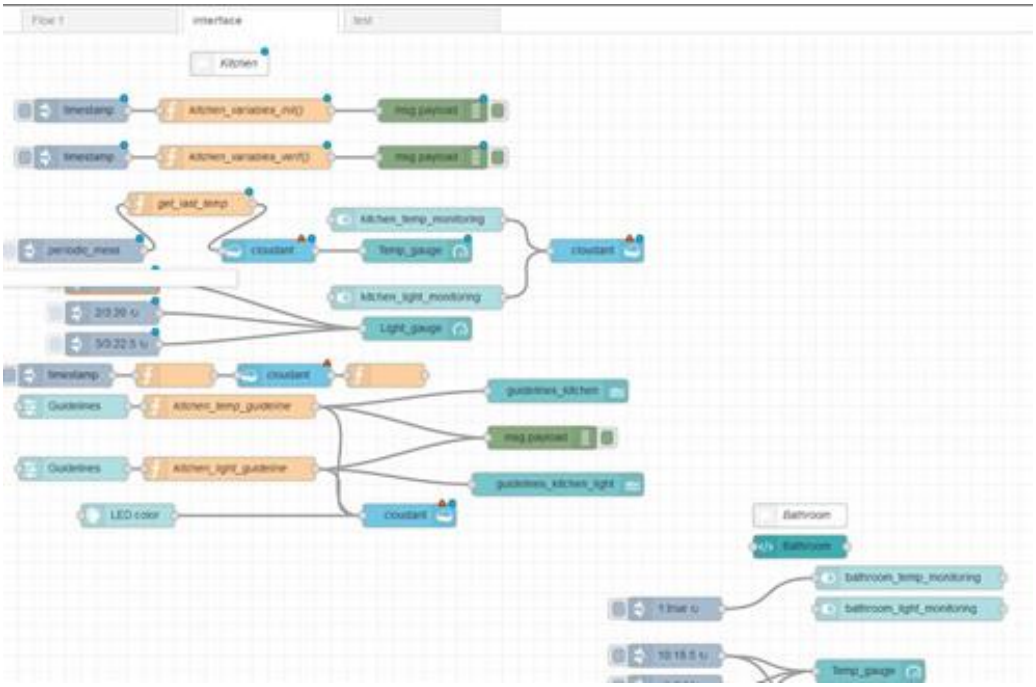
شکل ۵. AWS میزبان داده ها در DynamoDB

برای کاربران تجاری، یک برنامه کاربردی در Bluemix اکنون IBM Cloud با Node-RED ایجاد شد. گره های از پیش پیکربندی شده TTN دریافت داده ها را در Bluemix از The Things Network آسان می کنند. هنگامی که برنامه چیزی دریافت می کند، آن را در جدول پایگاه داده «ساخت هوشمند» ذخیره می کند و پاسخی را به TTN ارسال می کند. این پاسخ می تواند بسته به نیاز کاربر، دستوری برای دستگاه های پایانی به یک محرک باشد. هنگامی که داده ها در وب سایت The Things Network دریافت می شود، برنامه در صورت لزوم پایگاه داده را ایجاد می کند و داده های جدید را در این پایگاه داده ذخیره می کند. این در شکل ۶ نشان داده شده است.



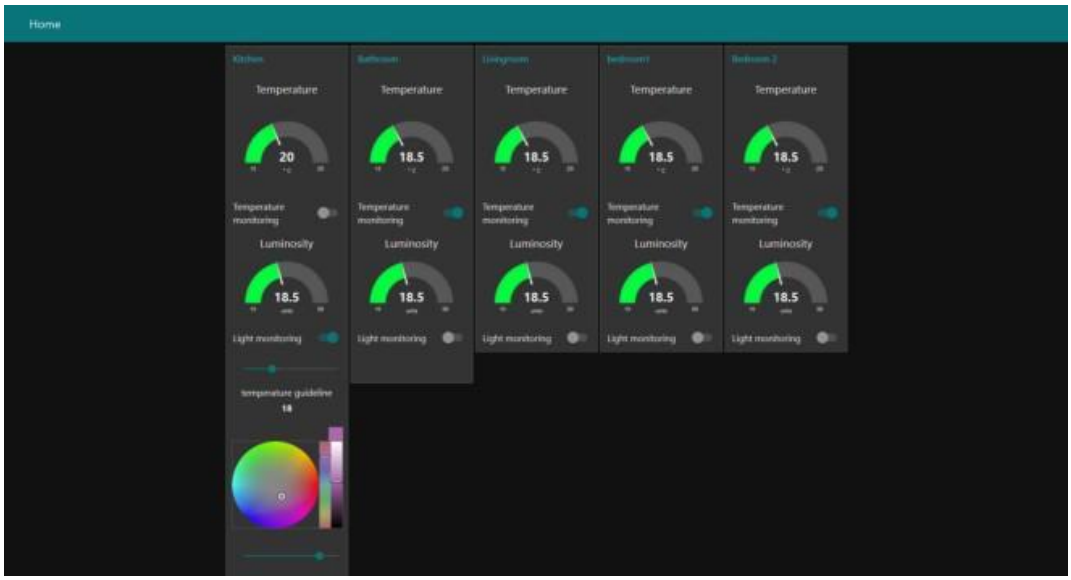
شکل ۶. داده های جدید ذخیره شده در پایگاه داده ساختمان هوشمند

برنامه داده ها را تجزیه و تحلیل می کند و ممکن است برخی از اقدامات را آغاز کند. اگر دما بیشتر از مقدار آستانه باشد، برنامه یک متغیر را برای روشن کردن تهویه مطبوع ارسال می کند، اگر کمتر باشد، متغیر رادیاتور را در اتاق روشن می کند. این را می توان برای داده ها و اقدامات دیگر تکرار کرد. با استفاده از Node-RED، یک رابط ،(شکل ۷) توسعه داده شده است.



شکل ۷. تجزیه و تحلیل داده ها و تنظیم متغیر کنترل

با استفاده از منوی داشبورد Node-RED، طیف سنج ها، دکمه ها، انتخابگرهای رنگی یا سوئیچ ها را اضافه می کنیم و از آنها برای تغییر کنترل دما، همانطور که در شکل ۸ نشان داده شده است، استفاده می کنیم.



شکل ۸. رابط کاربری با دما یا روشنایی

۶. نتیجه گیری

گسترش اخیر فناوری اینترنت اشیا شامل برخی از شبکه‌ها شده است که به طور خاص بر روی اینترنت اشیا متمرکز شده‌اند. این پروژه از اینترنت اشیاء و یک LPWAN برای استفاده از ساختمان های هوشمند استفاده می کند تا فناوری ها و ابزارهای موجود اینترنت اشیا را کشف کند. اگرچه بسیاری از پلتفرم‌ها و فناوری‌های ساختمان هوشمند در دسترس هستند، این پروژه به اینترنت اشیا و ابزارهای رایگان در دسترس متکی است. این پروژه نشان داد که چگونه اینترنت اشیاء می تواند برای توسعه یک ساختمان هوشمند به کار رود، که باید باعث صرفه جویی در انرژی و افزایش راحتی برای کاربران شود. در این مقاله، راه‌حل هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا مبتنی بر اینترنت اشیا را برای مدیریت محیط داخلی ارائه کرده‌ایم که با در نظر گرفتن تمام سطوح زیرساخت اینترنت اشیا، از دستگاه‌های سخت‌افزاری گرفته تا پلت‌فرم ابری، و انتقال میان‌افزار، آن را پیاده‌سازی کرده‌ایم. Raspberry Pi 3 Model B مجهز به دوربین، سنسور مانع و سنسورهای محیط داخلی در نظر گرفته شده، یعنی دما و رطوبت، درخشندگی، eCO2 و TVOC بود. Raspberry برای جمع آوری اندازه گیری حسگرها و عکس گرفته شده توسط دوربین در هر ۱۵ دقیقه تنظیم شده بود. علاوه بر این، یک شبکه عصبی نوری در Raspberry پیاده سازی شد تا از روی عکس های گرفته شده توسط دوربین، تعداد افراد در اتاق را تشخیص دهد.

در نهایت، مایلیم تاکید کنیم که هدف ساختمان در نظر گرفته شده در این مطالعه (یعنی بررسی همبستگی بین اطلاعات اشغال و پارامترهای محیطی با هدف تعریف یک مدل پیش‌بینی اشغال) تنها یکی از اهداف ساختمانی است که می‌تواند با ما مورد بررسی قرار گیرد. راه حل هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا. در واقع، ماژولار بودن پلتفرم ابری اجازه می‌دهد، برای مثال، اطلاعات مربوط به مصرف انرژی وسایل ساختمان را تنها با ایجاد یک موجودیت مجازی برای هر یک از لوازم مورد نظارت، یکپارچه کند. علاوه بر این، در سطح تجزیه و تحلیل داده‌ها، رابطه بین مصرف انرژی و سایر پارامترهای ساختمان نظارت شده می‌تواند برای آشکار کردن بینش‌های بیشتر با هدف بهبود کارایی ساختمان بررسی شود.

در کارهای آینده، هدف ما جمع‌آوری داده‌های بیشتر و بررسی همبستگی‌های بیشتر بین پارامترهای محیطی و حضور و رفتار کاربران است تا الگوریتم‌های جدید کنترل و مدیریت را با هدف بهبود بهینه‌سازی ساختمان برای سلامت و راحتی کاربران پیاده‌سازی کنیم. علاوه بر این، هدف ما تمرکز بر اهداف بیشتر هوشمندسازی ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیا، مانند بهینه سازی مصرف انرژی و ارائه یک محیط امن است.

منابع

1. D’Oca, S.; Hong, T.; Langevin, J. The human dimensions of energy use in buildings: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2018, *81*, 731–742. [CrossRef]

2. Aguilar, J.; Garcès-Jimènez, A.; Gallego-Salvador, N.; De Mesa, J.A.G.; Gomez-Pulido, J.M.; Garcìa-Tejedor, À.J. Autonomic Management Architecture for Multi-HVAC Systems in Smart Buildings. *IEEE Access* 2019, *7*, 123402–123415. [CrossRef]

3. Dong, B.; Prakash, V.; Feng, F.; O’Neill, Z. A review of smart building sensing system for better indoor environment control. *Energy Build.* 2019, *199*, 29–46. [CrossRef]

4. Chen, Z.; Jiang, C.; Xie, L. Building occupancy estimation and detection: A review. *Energy Build.* 2018, *169*, 260–270. [CrossRef] 5. Hong, T.; Yan, D.; D’Oca, S.; fei Chen, C. Ten questions concerning occupant behavior in buildings: The big picture. *Build. Environ.* 2017, *114*, 518–530. [CrossRef]

6. Agarwal, Y.; Balaji, B.; Gupta, R.; Lyles, J.; Wei, M.; Weng, T. Occupancy-Driven Energy Management for Smart Building Automation. In Proceedings of the 2nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Building, Zurich, Switzerland, 2 November 2010. [CrossRef]

7. Yang, Z.; Becerik-Gerber, B. The coupled effects of personalized occupancy profile based HVAC schedules and room reassignment on building energy use. *Energy Build.* 2014, *78*, 113–122. [CrossRef]

8. Wang, F.; Feng, Q.; Chen, Z.; Zhao, Q.; Cheng, Z.; Zou, J.; Zhang, Y.; Mai, J.; Li, Y.; Reeve, H. Predictive control of indoor environment using occupant number detected by video data and CO_2 concentration. *Energy Build.* 2017, *145*, 155–162. [CrossRef]

9. Leephakpreeda, T. Adaptive Occupancy-based Lighting Control via Grey Prediction. *Build. Environ.* 2005, *40*, 881–886. [CrossRef]

10. Mokhtari, R.; Jahangir, M.H. The effect of occupant distribution on energy consumption and COVID-19 infection in buildings: A case study of university building. *Build. Environ.* 2021, *190*, 107561. [CrossRef]

11. Atzori, L.; Iera, A.; Morabito, G. The Internet of Things: A survey. *Comput. Netw.* 2010, *54*, 2787–2805. [CrossRef]

12. Verma, A.; Prakash, S.; Srivastava, V.; Kumar, A.; Mukhopadhyay, S.C. Sensing, Controlling, and IoT Infrastructure in Smart Building: A Review. *IEEE Sens. J.* 2019, *19*, 9036–9046. [CrossRef]

13. Saha, H.; Florita, A.R.; Henze, G.P.; Sarkar, S. Occupancy sensing in buildings: A review of data analytics approaches. *Energy Build.* 2019, *188–189*, 278–285. [CrossRef]

14. Qolomany, B.; Al-Fuqaha, A.; Gupta, A.; Benhaddou, D.; Alwajidi, S.; Qadir, J.; Fong, A.C. Leveraging machine learning and big data for smart buildings: A comprehensive survey. *IEEE Access* 2019, *7*, 90316–90356. [CrossRef]

15. Atzori, L.; Iera, A.; Morabito, G. SIoT: Giving a Social Structure to the Internet of Things. *IEEE Commun. Lett.* 2011, *15*, 1193–1195. [CrossRef]

16. Choubey, P.K.; Pateria, S.; Saxena, A.; SB, V.P.C.; Jha, K.K.; PM, S.B. Power efficient, bandwidth optimized and fault tolerant sensor management for IOT in Smart Home. In

Proceedings of the 2015 IEEE International Advance Computing Conference (IACC), Banglore, India, 12–13 June 2015; IEEE: New York, NY, USA, 2015; pp. 366–370.

17. Lilis, G.; Conus, G.; Asadi, N.; Kayal, M. Towards the next generation of intelligent building: An assessment study of current automation and future IoT based systems with a proposal for transitional design. *Sustain. Cities Soc.* 2017, *28*, 473–481. [CrossRef]

18. Moreno, M.V.; Dufour, L.; Skarmeta, A.F.; Jara, A.J.; Genoud, D.; Ladevie, B.; Bezian, J.J. Big data: The key to energy efficiency in smart buildings. *Soft Comput.* 2016, *20*, 1749–1762. [CrossRef]

19. Moreno, V.; Zamora, M.A.; Skarmeta, A.F. A low-cost indoor localization system for energy sustainability in smart buildings. *IEEE Sens. J.* 2016, *16*, 3246–3262. [CrossRef]

20. Indigo. Indigo Domotics. Available online: https://www.indigodomo.com (accessed on 1 April 2021).

21. SmartThings. SmartThings Platform. Available online: https://www.smartthings.com/ (accessed on 1 April 2021).

22. Dixon, C.; Mahajan, R.; Agarwal, S.; Brush, A.; Lee, B.; Saroiu, S.; Bahl, P. An operating system for the home. In Proceedings of the 9th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI 12), San Jose, CA, USA, 25–27 April 2012; pp. 337–352.

23. Brush, A.B.; Filippov, E.; Huang, D.; Jung, J.; Mahajan, R.; Martinez, F.; Mazhar, K.; Phanishayee, A.; Samuel, A.; Scott, J.; et al. Lab of things: A platform for conducting studies with connected devices in multiple homes. In Proceedings of the 2013 ACM conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct Publication, Zurich, Switzerland, 8–12 September 2013; pp. 35–38.

24. OpenHab. OpenHab Platform. Available online: https://www.openhab.org/ (accessed on 1 April 2021).

25. Smirek, L.; Zimmermann, G.; Ziegler, D. Towards Universally Usable Smart Homes – How Can MyUI, URC and openHAB Contribute to an Adaptive User Interface Platform? In Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Human-Oriented and Personalized Mechanisms, Technologies, and Services, Nice, France, 12–16 October 2014; pp. 29–38.

26. Smirek, L.; Zimmermann, G.; Beigl, M. Just a smart home or your smart home—A framework for personalized user interfaces based on eclipse smart home and universal remote console. *Procedia Comput. Sci.* 2016, *98*, 107–116. [CrossRef]

27. Fleury, A.; Noury, N.; Vacher, M. Introducing knowledge in the process of supervised classification of activities of Daily Living in Health Smart Homes. In Proceedings of the 12th IEEE International Conference on e-Health Networking, Applications and Services, Lyon, France, 1–3 July 2010; IEEE: New York, NY, USA, 2010; pp. 322–329.

28. Belaidouni, S.; Miraoui, M. Machine learning technologies in smart spaces. In Proceedings of the 10th International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, Venice, Italy, 9–13 October 2016; pp. 52–55.

29. Altun, K.; Barshan, B.; Tunçel, O. Comparative study on classifying human activities with miniature inertial and magnetic sensors. *Pattern Recognit.* 2010, *43*, 3605–3620. [CrossRef]

30. Delgado, M.; Ros, M.; Vila, M.A. Correct behavior identification system in a tagged world. *Expert Syst. Appl.* 2009, *36*, 9899–9906. [CrossRef]

31. Parnandi, A.; Le, K.; Vaghela, P.; Kolli, A.; Dantu, K.; Poduri, S.; Sukhatme, G.S. Coarse in-building localization with smartphones. In *International Conference on Mobile Computing, Applications, and Services*; Springer: Berlin, Germany, 2009; pp. 343–354.

32. Atzori, L.; Iera, A.; Morabito, G.; Nitti, M. The Social Internet of Things (SIoT)—When social networks meet the Internet of Things: Concept, architecture and network characterization. *Comput. Netw.* 2012, *56*, 3594–3608. [CrossRef]

33. Bochkovskiy, A.; Wang, C.Y.; Liao, H.Y.M. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. *arXiv* 2020, arXiv:2004.10934.

34. Boyuan, W.; Muqing, W. Study on Pedestrian Detection Based on an Improved YOLOv4 Algorithm. In Proceedings of the 2020 IEEE 6th International Conference on Computer and Communications (ICCC), Chengdu, China, 11–14 December 2020; pp. 1198–1202. [CrossRef]

35. Manisalidis, I.; Stavropoulou, E.; Stavropoulos, A.; Bezirtzoglou, E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Front. Public Health* 2020, *8*. [CrossRef] [PubMed]