

## The role of the Internet of Things in renewable energy sources

Ali Kamalinezhad <sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Electrical Engineering, Islamic Azad University of Tabriz, East Azerbaijan, Iran

E-mails: [alikamalinezhad4@gmail.com](mailto:alikamalinezhad4@gmail.com)

\* Corresponding Author

### Abstract

The concept of smart cities, which was first proposed as conceptual models, is now becoming a reality. Flexible, reliable and efficient energy and load distribution systems are key elements to power smart services such as hospitals, buildings, factories and smart transportation. These services should operate without interruption using smart electricity networks. Smart energy networks play a vital role in managing and optimizing energy distribution. They must automatically respond to changes in demand and generation, especially of renewable sources such as solar and wind. Technologies such as the Internet of Things (IoT) and cloud computing serve as key tools for the coordination of municipal services and the integration of renewable energy sources. This article deals with the role of IoT in connecting renewable energy sources to the power grid. IoT improves the efficiency and stability of networks by analyzing big data and cloud computing. With the help of these technologies, smart grids can optimize and distribute energy while ensuring service stability. In the end, the article examines the challenges and opportunities of IoT integration in smart energy networks and solutions for better use of these technologies in the realization of smart cities.

### Keywords

smart energy, Smart network, smart cities, Internet of Things.

## نقش اینترنت اشیا در منابع انرژی تجدید پذیر

علی کمالی نژاد<sup>۱\*</sup>

گروه مهندسی برق، دانشگاه آزاد تبریز، آذربایجان غربی، ایران

ایمیل نویسنده: [alikamalinezhad4@gmail.com](mailto:alikamalinezhad4@gmail.com)

### چکیده

مفهوم شهرهای هوشمند که ابتدا به صورت مدل‌های مفهومی مطرح شد، اکنون در حال تبدیل به واقعیت است. انرژی و سیستم‌های پخش بار انعطاف‌پذیر، قابل اطمینان و کارآمد، از عناصر کلیدی برای تأمین انرژی خدمات هوشمندی مانند بیمارستان‌ها، ساختمان‌ها، کارخانه‌ها و حمل‌ونقل هوشمند به شمار می‌روند. این خدمات باید با استفاده از شبکه‌های هوشمند برق بدون وقفه عمل کنند. شبکه‌های هوشمند انرژی نقشی حیاتی در مدیریت و بهینه‌سازی توزیع انرژی ایفا می‌کنند. آن‌ها باید به صورت خودکار به تغییرات تقاضا و تولید، به ویژه منابع تجدیدپذیر مانند خورشیدی و بادی، پاسخ دهند. فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا (IoT) و محاسبات ابری به عنوان ابزارهای کلیدی برای هماهنگی خدمات شهری و ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر عمل می‌کنند. این مقاله به نقش IoT در اتصال منابع انرژی تجدیدپذیر به شبکه قدرت می‌پردازد. IoT با تحلیل داده‌های بزرگ و محاسبات ابری، بهره‌وری و پایداری شبکه‌ها را بهبود می‌بخشد. شبکه‌های برق هوشمند به کمک این فناوری‌ها می‌توانند انرژی را بهینه‌سازی و توزیع کنند و در عین حال پایداری خدمات را تضمین کنند. در پایان، مقاله به بررسی چالش‌ها و فرصت‌های ادغام IoT در شبکه‌های هوشمند انرژی و راهکارهایی برای استفاده بهتر از این فناوری‌ها در تحقق شهرهای هوشمند می‌پردازد.

**کلمات کلیدی:** انرژی هوشمند؛ شبکه هوشمند، شهرهای هوشمند؛ اینترنت اشیا؛ LoWPAN6

نام نویسنده مسئول: علی کمالی نژاد

ایمیل نویسنده مسئول: [alikamalinezhad4@gmail.com](mailto:alikamalinezhad4@gmail.com)

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۲۴

تاریخ(های) اصلاح مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۲۵

### ۱- مقدمه

های ترکیب هوشمند (SFN) محلی ارسال می‌شوند. در نتیجه، یک تصمیم هوشمند مبتنی بر IoT گرفته شده و یک مرکز کنترل، داده‌ها را برای نظارت و کنترل این ساختار مقیاس پذیر، جمع‌آوری و مبادله می‌کند [۱۱]. یک نگاه نزدیکتر به این مدل شهر هوشمند نشان می‌دهد که منابع انرژی هوشمند و انرژی سوخت فسیلی/ زغالی و نیز انرژی هسته‌ای تا چه اندازه در شهرهای هوشمند، حیاتی هستند.

یک شبکه هوشمند شامل سه لایه اصلی یعنی لایه‌های سیستم‌ها، شبکه‌های ارتباطی و کاربردها می‌باشد [۱۲-۱۵]. منابع انرژی تجدیدپذیر به عنوان واحدهای تولید پراکنده (DG) به کار رفته و نزدیک جایی که انرژی تبدیل و مصرف می‌شود، نصب می‌گردند. این نوع نصب، نیاز به خطوط انتقال طولانی، تلفات توان و پست‌های توان را کاهش خواهد داد. بسیاری از منابع گزارش شده نشان داده‌اند که متداول‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی، انرژی باد و انرژی برقی هستند [۱۶-۱۸].

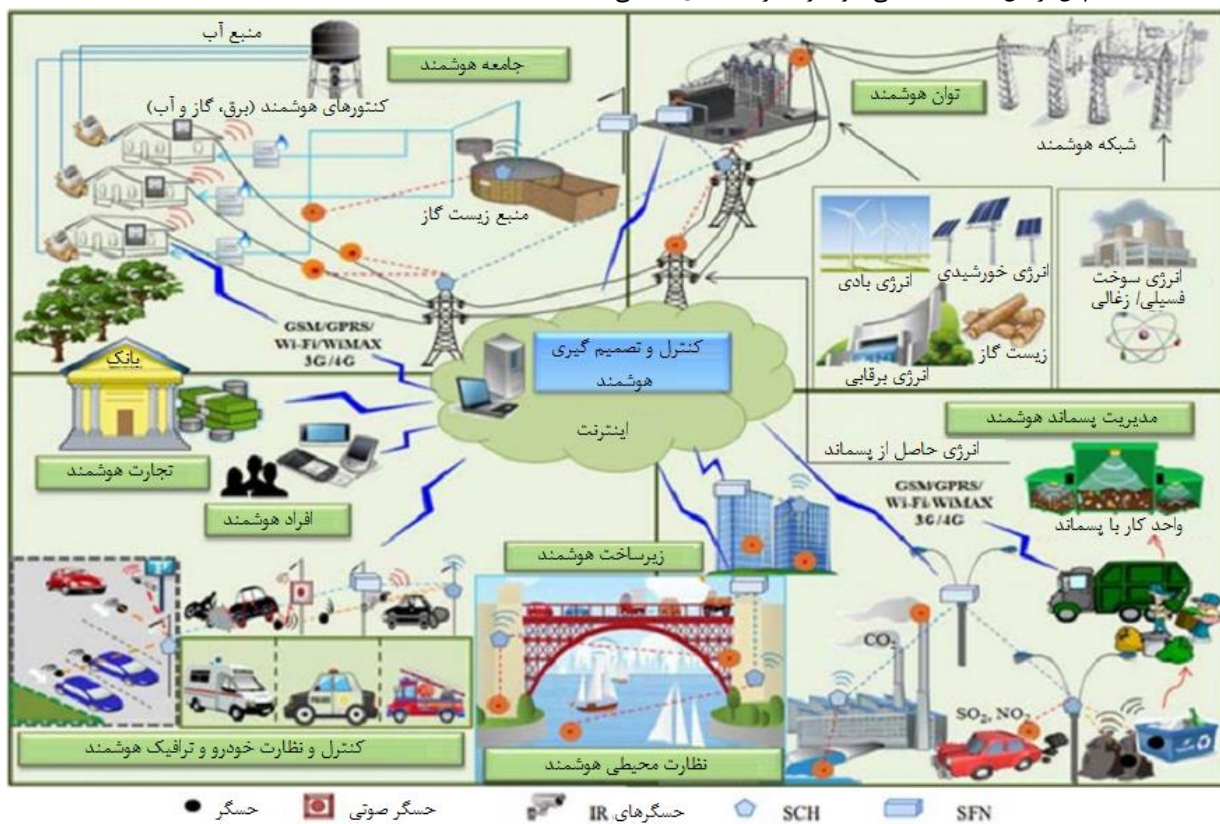
### ۲- مفاهیم اینترنت اشیا

جهان در حال انتقال به سمت بهم پیوستگی و برق‌رسانی بیشتر است. جهان از طریق چندین فن‌آوری و حوزه‌های متعددی از کاربردها و خدمات در حال تبدیل شدن به یک جامعه جهانی یکپارچه است. مفاهیم IoT منجر به جهانی می‌شوند که در آن، اشیای حقیقی، دیجیتال و مجازی همگرا می‌شوند تا شهرهای ما را هوشمندتر سازند. امروزه، فن‌آوری وب سنتی توسط IoT تقویت شده است تا اشیای فیزیکی مانند وسایل خانگی و ادوات شبکه هوشمند را با یک آدرس یکتا برای هر شیئی به هم متصل کند. این مسأله با کمک پروتکل IPV6 که دارای ۲<sup>۱۲۸</sup> آدرس IP یکتا در مقایسه با ۲<sup>۳۲</sup> آدرس به کار رفته توسط

وب جهانی (World Wide Web) از یک میزبان سنتی که شامل متن، تصاویر، صوت و ویدیو بود، در حال تبدیل شدن به یک میزبان فیزیکی است که کاربران را قادر به کنترل اشیای فیزیکی می‌کند. وسایل خانگی، دوربین‌های CCV راه دور و کارگاه‌های کارخانه می‌توانند با استفاده از اینترنت اشیا به عنوان یک واسطه ارتباطی، نظارت و کنترل شوند. مفهوم وب فیزیکی امروزه در حال ظهور می‌باشد. برای مثال، چارچوب‌های انرژی هوشمندی که از IoT استفاده می‌کنند، برای اتوماسیون و کنترل انرژی در ساختمان‌ها گزارش شده‌اند و در برخی قسمت‌ها از کنترلرهای هوشمند مانند روش‌های فازی استفاده شده است [۱-۴]. یک شبکه ارتباطی IoT در تولید و مصرف انرژی در نواحی مسکونی به کار رفته است. مؤلفان یک نمونه تجربی مبتنی بر IoT را ساخته‌اند که منجر به صرفه‌جویی انرژی شده و اثر مثبتی بر قابلیت دوام دارد. کنترلرهای انرژی هوشمند برای ایجاد امکان ارتباط بین مصرف‌کنندگان و مراکز فرمان شبکه جهت مبادله پیام درباره مصرف انرژی و برق و نیز وضعیت وسایل خانگی به کار می‌روند [۵-۸]. این مطالعه به کنترلرهای آب و گاز هوشمند توسعه یافته است. مؤلفان مقاله خود را با مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها برای به کارگیری کنترلرهای هوشمند در سیستم‌های کنترل و نظارت خاتمه داده‌اند. شکل ۱، تصویر وسیع‌تری را از این مطلب نشان می‌دهد که انرژی و توان چگونه بخش مهمی از شهرهای هوشمند را شکل می‌دهند [۹]. همان‌طور که در [۱۰] تشریح شده، داده‌های عملکرد زمان واقعی از اشیای مختلف مانند کنترلرهای هوشمند برق، گاز و آب، نظارت هوشمند، حمل و نقل هوشمند، محیط هوشمند و سیستم‌های مدیریت پسماند هوشمند جمع‌آوری می‌شوند. سپس، این داده‌ها به یک سرخوشه هوشمند (SCH) منتقل شده و بعداً این اطلاعات به گره

(IIoT). کاربردهای معروف IoT، تلفن ها، پوشاک، تلویزیون ها و وسایل خانگی هوشمند هستند. از سوی دیگر، کاربردهای IIoT معروف، کارخانه ها، شبکه ها، ماشین ها، شهرها و خودروهای هوشمند هستند. شکل ۲، این دو گروه را نشان می دهد.

IPv4 می باشد، ممکن شده است. با استفاده از IPv6 میلیاردها شیء، در یک زمان قابل اتصال، نظارت و کنترل هستند. در حالیکه IoT امروزه بیشتر تبدیل به واقعیت می شود، متخصصان دانشگاه و صنعت آن را به دو گروه دسته بندی می کنند: اینترنت اشیا مصرف کننده (CIoT) که پس از این IoT نامیده می شود) و اینترنت اشیا صنعتی



شکل ۱. پیاده سازی مفهومی ساختار در شهرهای هوشمند.

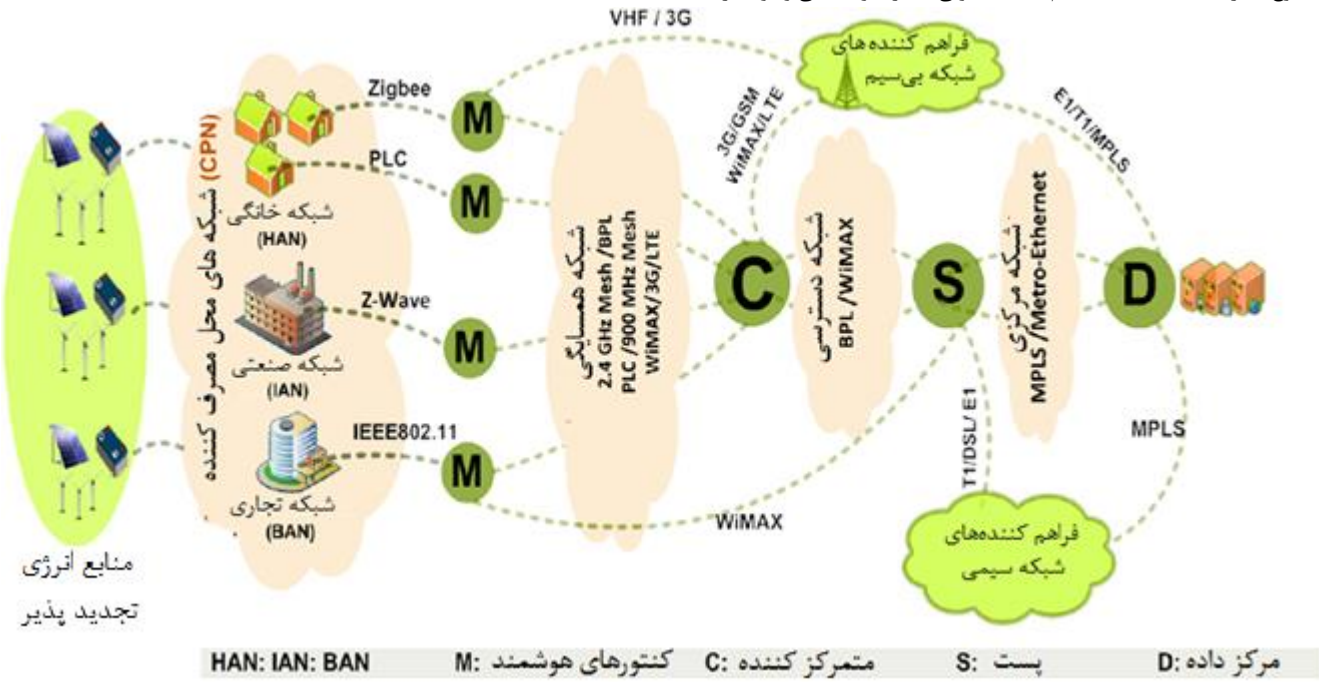


شکل ۲. دسته بندی اینترنت اشیا.

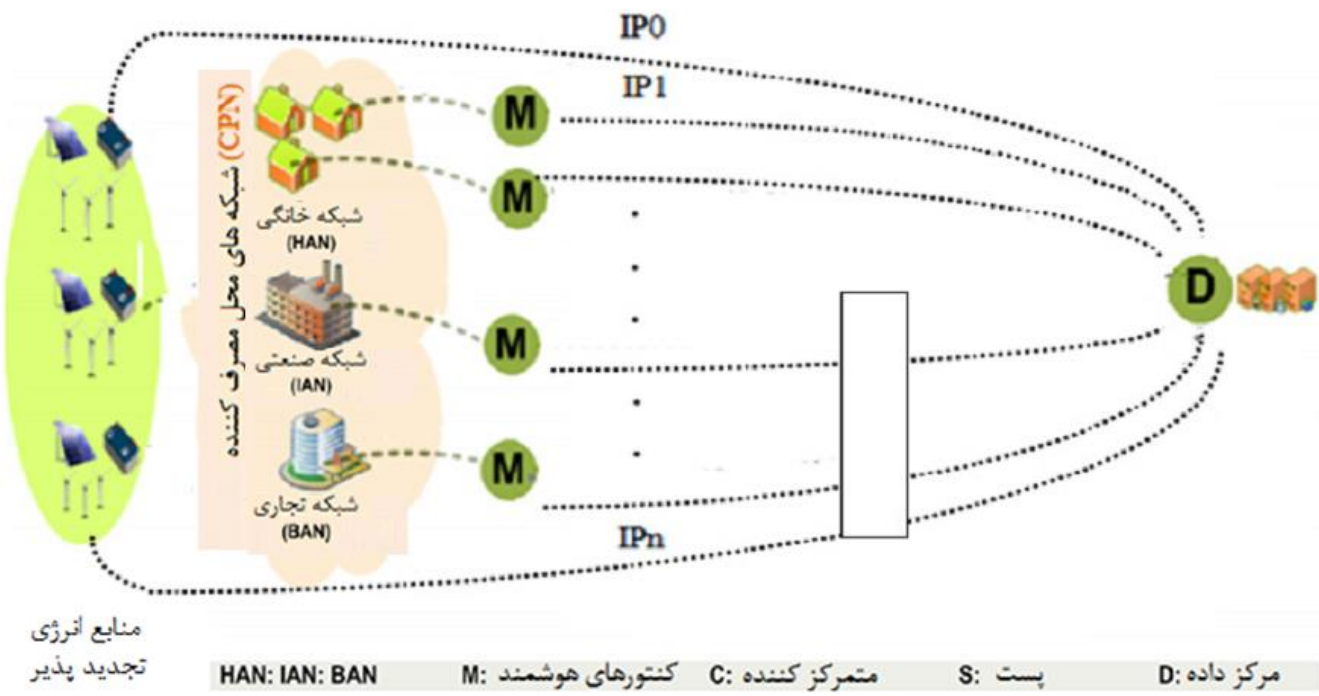
منابع انرژی تجدید پذیر مانند خورشیدی، بادی و آبی برای تمام انواع مصرف کنندگان نصب شده اند. حوزه مصرف بر حسب شبکه های ارتباطی به سه شبکه مختلف تقسیم می شود: شبکه خانگی (HAN)، شبکه تجاری (BAN) و شبکه صنعتی (IAN).

۳- چارچوب مفهومی IIoT/IoT برای منابع انرژی تجدید پذیر

مدل مفهومی شبکه هوشمند NIST دارای هفت حوزه است که یکی از آنها حوزه مصرف است. حوزه مصرف، گزینه اصلی برای تولید مشترک و نصب منابع انرژی تجدید پذیر است. همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، سه نوع مصرف کننده مختلف به نام های مسکونی، تجاری و صنعتی وجود دارد.



شکل ۳. شبکه های محلی ارتباطی مصرف کننده با چند پروتکل.



شکل ۴. شبکه های ارتباطی مصرف کننده پیشنهادی با یک پروتکل با استفاده از مفاهیم IIoT.

این مقاله، به کارگیری هر دو دسته برای الحاق سه شبکه ارتباطی مصرف کننده مختلف به شبکه های هوشمند را پیشنهاد داده است. هر منبع انرژی تجدید پذیر به عنوان یک شیء در نظر گرفته شده و یک آدرس IP یکتا به آن تخصیص داده شده است. با استفاده از ارتباط دو طرفه،

پروتکل های ارتباطی زیادی مانند ZigBee، PLC، Z-Wave، وای فای، وایمکس، 3G/GSM و LET در این شبکه ها به کار رفته اند. شکل ۳، پروتکل های شبکه های ارتباطی که همزمان در یک شبکه به کار می روند را نشان می دهد. همان طور که در بخش ۲ اشاره شد، دو دسته وجود دارد: IIoT و IoT.

- [17] Kramp T, Van Kranenburg R, Lange S. Introduction to the Internet of Things. Enabling things to talk: Designing IoT solutions with the IoT architectural reference model. 2013:1-0.
- [18] Jindal F, Jamar R, Churi P. Future and challenges of internet of things. *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.* 2018 Apr;10(2):13-25.

نظارت بر هر شیئی ممکن می باشد، زیرا کنترل از طریق آدرس IP یکتای آن صورت می گیرد. این کار، نیاز به چند پروتکل ارتباطی در شبکه را حذف می کند.

پروتکل IP با استفاده از پروتکل ارتباطی 6LoWPAN به کار می رود که بر مبنای IPv6 می باشد. 6LoWPAN دارای یک اندازه قاب محدود ۱۲۷ بایت بوده و فضای بیشتری برای یک بار مفید ۶۵-۷۵ بایت دارد. استفاده از پروتکل 6LoWPAN، شبکه را سریع تر و مقیاس پذیرتر می کند. ویژگی مقیاس پذیری به ادوات و وسایل بیشتری اجازه می دهد که به شبکه ملحق شوند. برای مثال، ذخیره های باتری محلی، وسایل خانگی و کنتورهای هوشمند می توانند به عنوان شیئی در نظر گرفته شوند. هر یک از این اشیا دارای یک آدرس IP یکتا خواهند بود و می توانند از راه دور نظارت و کنترل شوند. همچنین همین مطلب می تواند توسعه یابد تا ادوات دیگر شبکه برق مانند مدار شکن ها، بانک های خازنی، رله ها و واحدهای اندازه گیری فاز را در بر بگیرد.

#### ۴- نتیجه گیری

این مقاله، یک مدل مفهومی IoT/ IIoT را برای الحاق منابع انرژی تجدید پذیر از طریق یک پروتکل شبکه مشترک به جای چند پروتکل پیشنهاد داده است. مزایای این نوع به کارگیری، شبکه برق را مقاوم تر و مقیاس پذیرتر می کند. این مفهوم می تواند برای گنجاندن نه تنها حوزه مصرف، بلکه دیگر حوزه ها مانند توزیع و تولید توسعه یابد.

#### مراجع

- [1] Rose K, Eldridge S, Chapin L. The internet of things: An overview. *The internet society (ISOC)*. 2015 Oct 15;80(15):1-53.
- [2] Li S, Xu LD, Zhao S. The internet of things: a survey. *Information systems frontiers*. 2015 Apr;17:243-59.
- [3] Shirkhani M, Karimizad SS, Davvand Z. Proof of stability of linear and non-linear TSK type-2 fuzzy systems. *Computational methods in engineering sciences*. 2023 May 22;1(1):5-10.
- [4] Chen YK. Challenges and opportunities of internet of things. In *17th Asia and South Pacific design automation conference 2012 Jan 30* (pp. 383-388). IEEE.
- [5] Parvaz F, Foroozesh J, Uygur Babaoğlu N, Hosseini SH, Ahmadi G, Elsayed K. The effect of channel inlet angle on the square gas cyclone performance: A Numerical Study. *Computational methods in engineering sciences*. 2024 Feb 20;1(4):1-8.
- [6] Azizi A, Toohidinejad Z, Haghghatpoor I. Design and analysis of adaptive control of the reference model to control the output pressure of the boiler system. *Computational methods in engineering sciences*. 2023 May 22;1(1):21-6.
- [7] Xia F, Yang LT, Wang L, Vinel A. Internet of things. *International journal of communication systems*. 2012 Sep 1;25(9):1101.
- [8] Kopetz H, Steiner W. Internet of things. In *Real-time systems: design principles for distributed embedded applications 2022 Sep 23* (pp. 325-341). Cham: Springer International Publishing.
- [9] Weber RH, Weber R. Internet of things. Heidelberg: Springer; 2010.
- [10] Atzori L, Iera A, Morabito G. The internet of things: A survey. *Computer networks*. 2010 Oct 28;54(15):2787-805.
- [11] Wu M, Lu TJ, Ling FY, Sun J, Du HY. Research on the architecture of Internet of Things. In *2010 3rd international conference on advanced computer theory and engineering (ICACTE) 2010 Aug 20* (Vol. 5, pp. V5-484). IEEE.
- [12] McEwen A, Cassimally H. Designing the internet of things. John Wiley & Sons; 2013 Nov 7.
- [13] Madakam S, Ramaswamy R, Tripathi S. Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*. 2015 May 25;3(5):164-73.
- [14] Tan L, Wang N. Future internet: The internet of things. In *2010 3rd international conference on advanced computer theory and engineering (ICACTE) 2010 Aug 20* (Vol. 5, pp. V5-376). IEEE.
- [15] Ray PP. A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*. 2018 Jul 1;30(3):291-319.
- [16] Villamil S, Hernández C, Tarazona G. An overview of internet of things. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*. 2020 Oct 1;18(5):2320-7.