

# بهبود میزان مصرف انرژی در ساختمان با استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی کننده

حسن اصغری مشهدیکلایی

<sup>1</sup> کارشناس کامپیوتر اداره آموزش و پرورش ناحیه 2 شهرستان ساری ، hassanasghari1368@gmail.com

## چکیده

امروزه ساختمان‌ها به کانون اصلی سیاست انرژی در سراسر جهان تبدیل شده‌اند، زیرا نزدیک به 40 درصد از کل مصرف انرژی اولیه در سراسر جهان و انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط را تشکیل می‌دهند. دستگاه‌های اینترنت اشیا، انواع شبکه‌های حسگر بی‌سیم و ارتباطات با سیم در در ساختمان‌ها و خانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که همه آنها برای کنترل و نظارت بر مصارف خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اینترنت اشیا یک شبکه جهانی از اشیا متصل به یکدیگر با قابلیت آدرس‌دهی منحصر به فرد، براساس پروتکل‌های ارتباطی استاندارد است. در روش پیشنهادی این تحقیق، زیرمجموعه‌ای از دستگاه‌های هوشمند در خانه به خوشه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند تا بتوان داده‌های آنها را بهتر مورد کنترل و نظارت قرار داد و فرایند تصمیم‌گیری را برای این دستگاه‌های درون خوشه با حداقل زمان ممکن فراهم کند. به منظور ارزیابی روش پیشنهادی چند شبیه‌سازی صورت گرفته است و نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهند که روش پیشنهادی بر اساس منطق فازی، توانسته است میزان بهره‌وری از منابع مصرفی در خانه هوشمند را افزایش داده و در نتیجه مصرف انرژی در خانه هوشمند کاهش خواهد یافت.

## اطلاعات مقاله

ناریخچه مقاله:

تاریخ دریافت مقاله: 1401/07/12

تاریخ پذیرش مقاله: 1401/08/25

تاریخ انتشار مقاله: 1401/08/30

کلمات کلیدی:

مصرف انرژی

اینترنت اشیا

خوشه بندی فازی

خانه هوشمند

## 1 - مقدمه

امروزه ساختمان‌ها به کانون اصلی سیاست انرژی در سراسر جهان تبدیل شده‌اند، زیرا نزدیک به 40 درصد از کل مصرف انرژی اولیه در سراسر جهان و انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط را تشکیل می‌دهند. بسیاری از ابتکارات سیاستی مختلف اخیراً پیشنهاد شده است تا بر مصرف انرژی ساختمان تأثیر بگذارد. برای اینکه سیاست‌گذاران سیاست‌هایی را برای کاهش مصرف انرژی ساختمان به طور موثر طراحی و هدف قرار دهند، لازم است راه‌هایی برای یافتن زیر گروه‌های مرتبط در کل جمعیت با استفاده از روش‌هایی که پایدار، سازگار و از نظر آماری معتبر هستند، توسعه دهند.

با این حال، ساختمان‌ها ممکن است به روش‌های مختلف گروه‌بندی شوند، زیرا آنها دارای اشیاء پیچیده، چند بعدی و ناهمگن هستند. علاوه بر این، دستگاه‌های اینترنت اشیا، انواع شبکه‌های حسگر بی‌سیم و ارتباطات با سیم در در ساختمان‌ها و خانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که همه آنها برای کنترل و نظارت بر مصارف خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مثلاً دستگاه‌های اینترنت اشیا می‌توانند در مواقع لازم، سیستم سرمایش و یا گرمایش خانه را کنترل کنند و در مواقع لازم، آنها را روشن و یا خاموش کنند. بنابراین ارائه راهکارهایی که بتواند با کنترل و نظارت مناسب میزان مصرف انرژی را در خانه‌های هوشمند کاهش دهد ضروری به نظر می‌رسد و همچنان به عنوان یکی از چالش‌های مهم در زمینه خانه‌های هوشمند است.

مقالات مختلفی به دنبال انجام این کار در حوزه مصرف انرژی در ساختمان هستند که هر یک از جنبه‌های مختلفی به مصرف انرژی در خانه نگاه داشتند. در این تحقیق یک رویکرد مناسب با استفاده از سیستم فازی و الگوریتم‌های خوشه‌بندی پیشنهاد می‌شود که می‌تواند علاوه بر پیش پردازش برای تقسیم داده‌های کلی به گروه‌های کوچک‌تر، تبادل داده‌ها در شبکه درون خانه را کنترل و نظارت کند به گونه‌ای که منجر به کاهش مصرف انرژی در خانه هوشمند شود.

در روش پیشنهادی این تحقیق، زیرمجموعه‌ای از دستگاه‌های هوشمند در خانه به خوشه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند تا بتوان داده‌های آنها را بهتر مورد کنترل و نظارت قرار داد و فرایند تصمیم‌گیری را برای این دستگاه‌های درون خوشه با حداقل زمان ممکن فراهم کند. با برقراری ارتباط مناسب بین دستگاه‌هایی که در یک خوشه قرار می‌گیرند، می‌توان مصرف انرژی را در خانه‌های هوشمند کنترل کرد به گونه‌ای که موجب هدررفت کمتر انرژی در خانه گردد. این امر منجر به افزایش میزان بهره‌وری از منابع

مصرفی در خانه گردد و در نتیجه مصرف انرژی در خانه هوشمند کاهش خواهد یافت.

## 2- مبانی نظری تحقیق

اینترنت اشیا

اینترنت اشیاء یک مفهوم و یک پارادایم است، که حضور گسترده‌ای در محیط‌های مختلف اعم از اتصالات بی‌سیم و سیمی و طرح‌های نشانی دهی منحصر به فرد اشیاء داشته و قادر به تعامل و همکاری اشیاء با یکدیگر و دیگر چیزها برای ایجاد برنامه‌ها یا خدمات جدید و رسیدن به اهداف مشترک را در نظر گرفته است. چالش‌های فراوانی در زمینه تحقیق و توسعه برای ایجاد یک جهان هوشمند، وجود دارد. جهان‌های واقعی، دیجیتال و مجازی در حال یکپارچگی و همگرا شدن برای ایجاد محیط‌های هوشمند هستند، که به تولید انرژی، حمل و نقل، شهرها و بسیاری از حوزه‌های دیگر برسند. هدف از اینترنت اشیاء قادر ساختن اشیاء برای متصل شدن در هر زمان و هر جا، به هر شیء، موجودیت و انسان دیگر است. در حالت ایده آل، قابلیت استفاده کردن از هر طریق، مسیر، شبکه و هرگونه خدمات را اینترنت اشیاء می‌گویند.

مشخصات کاربردی اینترنت اشیا

مفهوم اینترنت اشیاء به اشیاء منحصر بفرد قابل شناسایی و بازنمایی مجازی در یک ساختار شبیه اینترنت اشاره دارد. راه حل‌های اینترنت اشیاء متشکل از تعدادی از بخش‌ها و اجزاء زیر است:

نمونه‌ای برای تعامل با دستگاه‌های محلی اینترنت اشیاء (به عنوان مثال تعبیه شده در یک تلفن همراه یا واقع در مجاورت کاربر و در نتیجه تماس از طریق یک رابط بی‌سیم کوتاه برد) پیش بینی شده است. این نمونه برای کسب مشاهدات و ارسال‌های خود به سرورها، از راه دور، جهت تجزیه، تحلیل و ذخیره سازی دائمی استفاده می‌شود.

نمونه‌ای برای تجزیه و تحلیل‌های محلی و پردازش مشاهدات به دست آمده توسط دستگاه‌های اینترنت اشیاء.

نمونه‌ای برای تعامل با دستگاه‌های از راه دور اینترنت اشیاء، به طور مستقیم از طریق اینترنت و یا به احتمال زیاد از طریق یک پروکسی، استفاده می‌کند. این نمونه برای دریافت مشاهدات و ارسال‌های خود به سرورها از راه دور، جهت تجزیه، تحلیل و ذخیره سازی دائمی اطلاعات، استفاده می‌شود.

نمونه‌ای برای نرم‌افزار تجزیه و تحلیل داده‌های خاص و پردازش آنها. این ماژول در سرور نرم‌افزاری تمام مشتریان در حال اجراء بوده، و مشغول خدمات رسانی به آنها می‌باشد. درخواست‌ها را از موبایل و وب مراجعین و همچنین مشاهدات مربوط به اینترنت اشیاء را به عنوان ورودی می‌گیرد، سپس الگوریتم‌های پردازش

سیستم‌های تشخیص نفوذ : بازرسی ورودی‌ها، تشخیص و جلوگیری از تخطی‌های مزاحمان.

حفاظت از محصولات هنری: نظارت بر وضعیت داخلی موزه‌ها و انبارهای هنری.

اتوماسیون خانگی:

دستگاه‌های اینترنت اشیا را می‌توان برای نظارت و کنترل و سیستم‌های مکانیکی، الکتریکی و الکترونیکی مورد استفاده در انواع مختلفی از ساختمان (به‌عنوان مثال دولتی و خصوصی، صنعتی، مؤسسات و مسکونی) در سیستم‌های اتوماسیون خانه و ساختمان استفاده کرد که نمونه‌های عملیاتی در [8-11] بیان شده است. در این زمینه سه حوزه اصلی تحت پوشش عبارتند از:

ادغام اینترنت با سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان به منظور ایجاد انرژی کارآمد و اینترنت اشیا محور «ساختمان‌های هوشمند». شیوه‌های ممکن نظارت بی‌درنگ برای کاهش مصرف انرژی و نظارت بر رفتار ساکنین.

ادغام دستگاه‌های هوشمند در محیط ساخته شده و چگونگی استفاده از آن‌ها در برنامه‌های آینده.

مفاهیم اساسی منطق فازی

مفاهیم اساسی منطق فازی بر سه اصل استوار است: مجموعه‌های فازی، روابط فازی و استدلال فازی که در این بخش به تشریح مجموعه‌های فازی خواهیم پرداخت و روابط فازی را در بخش‌های آتی بحث خواهیم نمود.

1- مجموعه‌های فازی

در یک گفتگوی روزانه کلمات مبهم بسیاری بکار گرفته می‌شوند مثلاً نمای این ساختمان زیباست و یا ارزش دلار نسبتاً بالاست مجموعه‌های فازی برای برخورد با همین کلمات و گزاره‌های نادقیق ارائه شده است.

مجموعه‌های فازی با مفاهیم نادقیقی مانند ( مجموعه‌های افراد بلند قد) و یا افرادی که نزدیک تهران زندگی می‌کنند که قابل بیان بوسیله مجموعه‌های معمولی نیستند مواجه است.

در جملات قبل کلمات بلند قد و نزدیک، دقیق نیستند بیان این عبارات با مجموعه‌های معمولی امکان‌پذیر نیست و ما حتماً باید عبارات را به صورت دقیق مانند مجموعه‌ای افرادی که بیش از 180 سانتیمتر قد دارند و یا مردمی که در تهران زندگی می‌کنند بیان کنیم. اندازه‌گیری قد یک فرد تعلق و یا عدم تعلق او را به مجموعه‌های فازی پیش گفته تعیین نمی‌کند. این مجموعه‌های معمولی که به صورت دقیق بیان می‌شوند در نظریه مجموعه‌های فازی به مجموعه‌های قطعی (قاطع) معروفند. نظریه مجموعه‌های فازی توسیعی از نظریه مجموعه‌های قطعی است. می‌توانیم یک

داده‌های مناسب را اجراء کرده و خروجی‌ها را براساس دانش که بعداً به کاربران ارائه می‌گردد، تولید می‌کند.

حوزه‌های کاربردی اینترنت اشیا

در چند سال گذشته تکامل بازارها و برنامه‌های کاربردی، به دلیل پتانسیل‌های اقتصادی آنها و تاثیرشان در پرداختن به موضوعات داغ اجتماعی و چالش‌های آن در آینده، زیرا که دهه آینده به طور چشمگیری تغییر خواهد کرد. روندهای اجتماعی مانند: بهداشت و سلامتی، حمل و نقل، امنیت و ایمنی، انرژی و محیط زیست، ارتباطات و جامعه الکترونیکی است.

این روندها فرصت‌های قابل توجهی در بازارهای مصرف کنندگان الکترونیکی، لوازم الکترونیکی خودرو، کاربردهای پزشکی، ارتباطات و ... ایجاد می‌کند. برنامه‌های کاربردی در این حوزه‌ها به طور مستقیم از طریق فناوری‌های نیمه‌هادی، ارتباطات، شبکه و توسعه نرم‌افزار سودمند هستند.

کاربردهای بالقوه از اینترنت اشیا، متعدد و متنوع هستند، عملاً به تمام زمینه‌های زندگی روزمره افراد (به اصطلاح "زندگی هوشمند"، شرکت‌ها و جامعه به عنوان یک کلیت، نفوذ کرده است. در سال 2010 اینترنت اشیا، دستورکار پژوهش استراتژیک (SRA) را ارائه داد. که در آن شرح داده شد که برنامه‌های کاربردی اصلی اینترنت اشیا، دارای حوزه‌های گسترده متعددی مانند انرژی هوشمند، بهداشت هوشمند، ساختمان‌های هوشمند، حمل و نقل هوشمند، زندگی هوشمند و شهرهای هوشمند می‌باشد. چشم انداز اینترنت اشیا فراگیر، نیاز به ادغام حوزه‌های مختلف ذکر شده در درون یک حوزه واحد، متحد، مرتبط و دامنه افقی است که اغلب مورد مراجعه به عنوان "زندگی هوشمند" می‌باشد.

حوزه نرم‌افزار اینترنت اشیا مشخص شده توسط IERC، بر ورودی‌هایی از کارشناسان، نظر سنجی‌ها و گزارشات مستقر شده است. نرم‌افزار اینترنت اشیا محیط‌ها / فضاها "هوشمند" را در حوزه‌های مختلفی پوشش می‌دهد. از جمله: حمل و نقل، ساختمان، شهر، شیوه زندگی، خرده فروشی، کشاورزی، کارخانه، زنجیره تامین، اورژانس، مراقبت‌های بهداشتی، تعامل با کاربر، فرهنگ و گردشگری، محیط زیست و انرژی.

خانه‌های خودکار :

مصرف انرژی و آب: نظارت بر مصرف انرژی و آب برای صرفه جویی در هزینه‌ها و منابع.

لوازم برقی کنترل از راه دور : روشن و خاموش کردن لوازم خانگی از راه دور جهت جلوگیری از حوادث و صرفه جویی در انرژی.

$$\chi_A(x): X \rightarrow \{0,1\}$$

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$$

روابط فوق نشان می‌دهد که برد توابع عضویت کلاسیک، مجموعه دو عضوی صفر و یک بوده در حالی که برد توابع عضویت فازی، بازه بسته صفر و یک می‌باشد.

مقایسه توابع مشخصه با توابع عضویت

منطق فازی منطق انسانی و زبانی است. با این منطق می‌توانیم طرز فکر خودمان را به نحو ساده و به راحتی در قالب دستورات ریاضی بیان کنیم. مثلاً می‌توانیم مفاهیمی همچون بلندی، کوتاهی، چاقی و لاغری را تعریف کنیم و بر اساس تعریف دسته‌بندی کنیم. همچنین به کار بردن اصطلاحات کم، متوسط، زیاد و یا تقریباً، تا حدی، بیشتر و کمتر را معنی‌دار و قابل استفاده در محاسبات ریاضی می‌کند.

یکی از جنبه‌های مهم منطق فازی این است که الزامی ندارد که یک داده فقط متعلق به یک گروه باشد یا نباشد. در منطق کلاسیک درجه عضویت داده‌ها یا صفر است یا یک، یعنی یک داده یا متعلق به یک مجموعه است که در این صورت درجه عضویتش یک است و یا متعلق به یک مجموعه نیست که در این صورت درجه عضویتش صفر است، ولی در منطق فازی درجه عضویت داده‌ها هر عددی در بازه‌ی بسته‌ی  $[0,1]$  می‌تواند باشد.

### 3- بیان مجموعه‌های فازی

الف) بیان گسسته (وقتی مجموعه مرجع متناهی است)

فرض کنید مجموعه مرجع  $X$  به صورت زیر باشد:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

آن‌گاه یک مجموعه فازی مثل  $A$  بر روی  $X$  را به صورت معادله (3-1) می‌توان بیان کرد:

$$A = \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \quad (3-1)$$

ب) بیان پیوسته (وقتی مجموعه مرجع نامتناهی است)

مجموعه فازی  $A$  بر روی  $X$  را می‌توان به صورت معادله (3-3) بیان کرد:

$$A = \int_x \mu_A(x_i) / x_i$$

### 4- عملیات اصلی مجموعه‌های فازی

مجموعه را به صورت عنصرهای آن به همراه درجه عضویت هر عضو در نظر بگیریم. در این بخش به تعریف این مفهوم همچنین روش‌های نشان دادن آن می‌پردازیم و تعاریف اولیه‌ای که در تئوری مجموعه‌های قطعی و جبر بولی وجود دارد را در مورد مجموعه‌های فازی نیز شرح می‌دهیم. تا بتوانیم با استفاده از این ابزار یک مدل ریاضی برای مجموعه‌های فازی داشته باشیم و به صورت دقیق‌تری درباره موارد دیگر از جمله اعداد و توابع فازی، اندازه‌گیری میزان فازی بودن مجموعه، روابط، گراف‌ها و آنالیز فازی بحث کنیم.

مجموعه فازی

فرض کنید  $x$  یک مجموعه مرجع و  $A$  زیر مجموعه‌ای از آن باشد.  $\chi_A(x)$  که تابع نشانگر مجموعه  $A$  نامیده می‌شود تابعی است که قلمرو آن  $X$  و برد آن مجموعه دو عضوی  $\{0,1\}$  بوده و بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1 & x \in A \\ 0 & x \notin A \end{cases}$$

به بیان ساده،  $\chi_A(x)$  میزان تعلق  $x$  را به  $A$  بیان می‌کند. اگر  $x$  در  $A$  باشد، میزان تعلق آن به  $A$  یعنی  $\chi_A(x)$  برابر یک است و اگر  $x$  در  $A$  نباشد، میزان تعلق آن به  $A$  یعنی  $\chi_A(x)$  صفر است.

مجموعه  $A$  دارای یک تابع نشانگر است که قلمرو آن  $X$  و برد آن مجموعه  $\{0,1\}$  است. حال اگر برد تابع نشانگر را از مجموعه دو عضوی  $\{0,1\}$  به بازه  $[0,1]$  توسعه دهیم، یک تابع خواهیم داشت که به هر  $x \in X$  عددی را از  $[0,1]$  نسبت می‌دهد. این تابع را تابع عضویت  $A$  و  $A$  را یک زیرمجموعه فازی از  $X$  می‌نامیم. نزدیکی مقدار عضویت به عدد یک نشان‌دهنده تعلق بیشتر  $x$  به مجموعه فازی  $A$  است و بالعکس نزدیکی آن به عدد صفر نشان دهنده تعلق کمتر آن به  $A$  می‌باشد. مجموعه‌های فازی را می‌توان توسعه‌ای از مجموعه‌های قاطع دانست. از این رو می‌توان توابع عضویت را توسعه‌ای از توابع مشخصه در نظر گرفت.

### 2- تابع عضویت

تابع عضویت مقدار فازی بودن یک مجموعه‌ی فازی را مشخص می‌کند و در واقع به تابعی که میزان درجه‌ی عضویت المان‌های مختلف را به یک مجموعه نشان دهد، تابع عضویت می‌گویند. برای نشان دادن تابع عضویت فازی از حرف  $\mu$  استفاده می‌شود. تابعی که درجه‌ی عضویت المان  $x$  به مجموعه فازی  $A$  را نشان دهد با  $\mu_A(x)$  نمایش داده می‌شود. به طور خلاصه تفاوت مفهوم درجه‌ی عضویت در مجموعه‌های کلاسیک و فازی را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

ماکزیمم، مرکز بزرگترین سطح و اولین ماکزیمم را نام برد که از بین این روش‌ها، روش مرکز سطح از همه پرکاربردتر است. رابطه مرکز سطح برای محاسبه مقدار کلاسیک به صورت معادله است:

$$Z^* = \frac{\int \mu_R(z).zdz}{\int \mu_R(z)dz}$$

#### 8- سیستم استنتاج فازی

استنتاج فازی، فرآیند فرموله کردن نگاشت ورودی داده شده به یک خروجی با استفاده از منطق فازی است. فرآیند استنتاج فازی شامل تمام قسمت‌هایی که در بخش‌های قبلی بیان شده، می‌شود: توابع عضویت، عملگرهای منطق فازی و قوانین اگر-آنگاه.

سیستم استنتاج فازی براساس قواعد اگر-آنگاه بنا نهاده شده است به طوری که با استفاده از قواعد مزبور می‌توان ارتباط بین تعدادی متغیر ورودی و خروجی را به دست آورد. بنابراین از FIS می‌توان به عنوان یک مدل پیش‌بینی برای شرایطی که داده‌های ورودی و یا خروجی دارای عدم قطعیت بالایی باشند استفاده نمود. چرا که در چنین شرایطی روش‌های کلاسیک پیش‌بینی نظیر رگرسیون نمی‌توانند به خوبی عدم قطعیت‌های موجود در داده‌ها را در نظر بگیرند. برای توسعه سیستم استنتاج فازی از عملگرهای استلزام فازی و ترکیب روابط فازی استفاده می‌شود. عملگرهای استلزام، روابطی هستند که برای به دست آوردن رابطه فازی R براساس یک قاعده به صورت "اگر A آنگاه B" مورد استفاده قرار می‌گیرند. از رایج‌ترین این عملگرها می‌توان به روابط استلزام ممدانی و ماکزیمم-ضرب اشاره کرد که در معادله بیان شده است.

$$\mu_R(x,y) = \min [\mu_A(x), \mu_B(y)]$$

$$\mu_R(x,y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y)$$

به طور کلی گام‌های یک سیستم استنتاجی فازی را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$1- \text{تعیین یک سیستم قاعده- بنیاد فازی بر اساس داده‌های مشاهده‌ای.} \\ R1 \text{ o} R2 = \{[(x,z), \max \{\min \{ \mu_{R1}(x,y), \mu_{R2}(y,z) \} \}] | x \in x, y \in Y, z \in Z \}$$

2- فازی‌سازی بخش مقدم و تالی با استفاده از توابع عضویت فازی.

3- ترکیب قسمت‌های مختلف بخش مقدم هر یک از قواعد و به دنبال آن تعیین شدت و میزان تاثیر قاعده مزبور در خروجی نهایی سیستم.

4- ترکیب بخش تالی قواعد، جهت به دست آوردن خروجی نهایی سیستم در قالب یک مجموعه فازی.

5- تبدیل خروجی نهایی سیستم به یک عدد کلاسیک با استفاده از روش‌های غیر فازی ساز.

مراحل روش پیشنهادی برای خوشه‌بندی

عملگرهای مجموعه‌ای که برای مجموعه‌های فازی تعریف می‌کردند، شکل تعمیم یافته‌ای از عملگرهای مجموعه‌ای مربوط به مجموعه‌های کلاسیک می‌باشند. از آنجایی که تابع عضویت، عامل اصلی تعیین یک مجموعه فازی می‌باشد، انتظار می‌رود که در تعریف عملگرهای مجموعه‌های فازی از توابع عضویت آن‌ها استفاده شود.

#### 5- رابطه‌های فازی

رابطه فازی یک توسیع رابطه‌ها در مجموعه‌های معمولی است. همانگونه که رابطه‌های معمولی با مجموعه‌های معمولی معرفی می‌شوند، رابطه‌های فازی نیز با مجموعه‌های فازی معرفی می‌شوند. یک رابطه فازی یک مجموعه فازی بر فضای حاصل ضرب دکارتی است.

یک رابطه فازی n تایی بر حاصل ضرب دکارتی  $X_1 \times \dots \times X_n$  مانند رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$R = \frac{\int \mu_R(x_1, x_2, K, x_n)}{(x_1, x_2, K, x_n)}$$

#### 6- ترکیب روابط فازی

روابط فازی را که در فضاهای ضرب متفاوتی تعریف شده‌اند می‌توان با یکدیگر ترکیب نمود. انواع مختلف ترکیب توسط محققین پیشنهاد شده است که معروف‌ترین و متداول‌ترین این روش‌ها، ترکیب ماکزیمم-مینیمم می‌باشد. در صورتی که دو رابطه فازی زیر وجود داشته باشد:

$$R1(x,y), (x,y) \in x \times y \quad R2(x,y), (x,y) \in x \times y$$

آنگاه ترکیب ماکزیمم-مینیمم دو رابطه R1 و R2 یک مجموعه فازی به صورت زیر خواهد بود:

#### 7- روش‌های غیر فازی‌سازی

علیرغم اینکه بسیاری از مسائل موجود در زندگی روزمره ما فازی می‌باشند، اما اغلب تصمیماتی که بوسیله انسان‌ها یا ماشین‌ها گرفته می‌شود به صورت صفر و یک است و از آنجایی که ماشین‌ها قدرت درک زبان انسان را ندارند ما مجبوریم که نتایج حاصله از تحلیل‌های فازی را به اعداد کلاسیک تبدیل کنیم. روش‌های متعددی برای تبدیل یک کمیت فازی به کلاسیک وجود دارد که از رایج‌ترین آن‌ها می‌توان روش مرکز سطح، میانگین وزنی، میانه

مراحل انجام خوشه‌بندی توسط روش پیشنهادی در محیط خانه هوشمند به صورت زیر است:

- 1- معرفی دستگاه‌های اینترنت اشیا به یکدیگر از طریق ارسال پیام‌های اولیه به یکدیگر.
- 2- جمع‌آوری اطلاعات 4 پارامتر معرفی شده از هر دستگاه.
- 3- تعریف توابع فازی برای هر پارامتر در سیستم فازی پیشنهادی.
- 4- تعریف قوانین فازی برای عمل استنتاج فازی بر اساس ورودی‌ها.
- 5- ارسال داده‌های جمع‌آوری شده از هر دستگاه به سیستم فازی و عمل فازی‌سازی آنها.
- 6- شروع عملیات استنتاج فازی بر اساس ورودی‌ها و قوانین فازی.
- 7- دفازی‌سازی نتایج به دست آمده به منظور تعیین امتیاز هر دستگاه برای سرخوشه‌شدن.
- 8- مرتب‌سازی امتیازهای به دست آمده و انتخاب درصدی از تعداد کل دستگاه‌ها برای سرخوشه شدن.
- 9- ارسال امتیاز به دست آمده دستگاه‌های سرخوشه به آن دستگاه.
- 10- محاسبه انرژی مصرفی و باقیمانده در کل شبکه اینترنت اشیا. نرم‌افزار شبیه‌سازی

MATLAB یک محیط نرم‌افزاری برای انجام محاسبات عددی و یک زبان برنامه‌نویسی نسل چهارم است. واژه متلب هم به معنی محیط محاسبات رقمی و هم به معنی خود زبان برنامه‌نویسی مربوطه است که از ترکیب دو واژه ماتریس و آزمایشگاه ۱ ایجاد شده است. این نام حاکی از رویکرد ماتریس محور برنامه‌است، که در آن حتی اعداد منفرد هم به عنوان ماتریس در نظر گرفته می‌شوند. کار کردن با ماتریسها در متلب بسیار ساده است. در حقیقت تمام داده‌ها در متلب به شکل یک ماتریس ذخیره می‌شوند. برای مثال یک عدد (اسکالر) به شکل یک ماتریس  $1 \times 1$  ذخیره می‌شود. یک رشته مانند «Whale is the biggest animal» به شکل ماتریسی با یک سطر و چندین ستون (که تعداد ستون‌ها به تعداد کاراکترهاست) ذخیره می‌شود. حتی یک تصویر به شکل یک ماتریس سه بعدی ذخیره می‌گردد که بُعد اول و دوم آن برای تعیین مختصات نقاط و بُعد سوم آن برای تعیین رنگ نقاط استفاده می‌شود. فایل‌های صوتی نیز در متلب به شکل ماتریس‌های تک ستون (بردارهای ستونی) ذخیره می‌شوند؛ بنابراین جای تعجب نیست که متلب مخفف عبارت آزمایشگاه ماتریس باشد.

علاوه بر توابع فراوانی که خود متلب دارد، برنامه‌نویس نیز می‌تواند توابع جدید تعریف کند. ساخت رابط گرافیکی کاربر مانند

دیالوگ‌هایی که در محیط‌های ویژوال مانند بیسیک و C وجود دارند، در متلب امکان‌پذیر است. این قابلیت، ارتباط بهتری را میان برنامه‌های کاربردی نوشته‌شده با متلب و کاربران برقرار می‌کند. متلب که از محصولات شرکت متورکس ۲ است، برای گروه‌های مختلف مهندسان رشته‌های مختلف از جمله مهندسی برق، مکانیک، رایانه و... کاربرد بسیاری دارد.

برخی از ویژگی‌های کلیدی متلب:

زبان سطح بالا برای محاسبات فنی.

محیط توسعه برای مدیریت کد، فایل‌ها و داده‌ها.

ابزاری مناسب برای حل‌های مبتنی بر تکرار، طراحی و حل مسأله.

توابع ریاضی برای جبر خطی، آمار، تجزیه و تحلیل فوری، فیلتر کردن، بهینه‌سازی، و یکپارچه‌سازی عددی.

توابع گرافیکی دو بعدی و سه بعدی برای تجسم اطلاعات.

ابزاری برای ایجاد یک رابط کاربر گرافیکی (graphical user interfaces, GUI)

توابعی برای یکپارچه‌سازی الگوریتم‌های مبتنی بر متلب با برنامه‌های خارجی و زبان مانند C، C++، فرتن، جاوا و میکروسافت اکسل.

قابلیت زیست‌شناسی محاسباتی.

امکان پردازش سیگنال ارتباطات، تصویر و ویدئو.

در محیط نرم‌افزار متلب چند پنجره وجود دارد:

Command Window یا پنجره دستورات: در این پنجره دستورات به صورت سطر به سطر اجرا و نتایج آن در همین پنجره نمایش داده می‌شود.

Command History یا پنجره تاریخچه: این پنجره تمام دستوراتی که در پنجره دستورات اجرا شوند را بایگانی می‌نماید.

Current Folder: می‌توان توسط این پنجره به فایل‌های متلب ذخیره شده در مسیر در حال اجرای نرم‌افزار دسترسی پیدا کرد و همچنین برنامه را در آن مسیر ذخیره کرد.

Work Space: در این پنجره متغیرهایی که در برنامه متلب تعریف و ایجاد می‌شوند نمایش داده می‌شود.

Lunch pad: سمت چپ پایین صفحه متلب نسخه 7 به بعد یک دکمه به نام Start وجود دارد که با کلیک روی آن می‌توان به ابزار متنوع از متلب دسترسی پیدا کرد.

شبیه‌سازی

در این شبیه‌سازی تعداد دستگاه‌های اینترنت اشیا برابر با 10 دستگاه در نظر گرفته شده است که در بخش‌های مختلف خانه

که تعداد دستگاه‌های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه‌ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.

reEnrg: 5.2535 Head: 3 IoT nodes: 7.

که نشان می‌دهد تعداد دستگاه‌هایی که فعلاً نقش سرخوشه را بازی میکنند برابر با 3 دستگاه هستند و انرژی باقیمانده در کل شبکه برابر با 5/2535 ژول است. با ادامه اجرای شبیه‌سازی، تعداد دستگاه‌های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه‌ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.

reEnrg: 5.0488 Head: 4 IoT nodes: 6

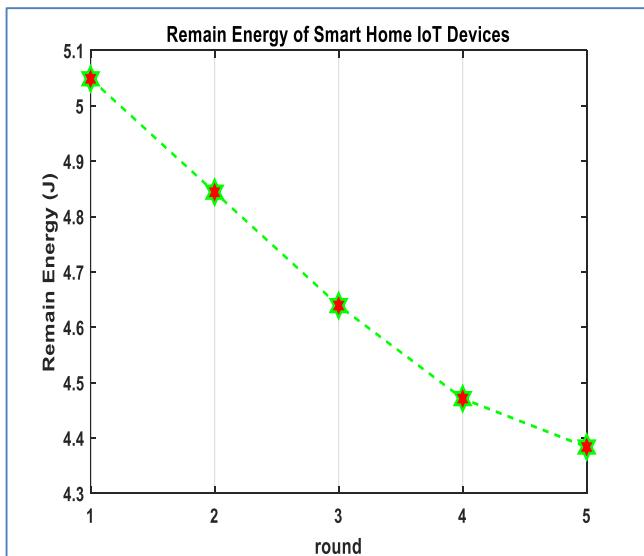
reEnrg: 4.844 Head: 4 IoT nodes: 6

reEnrg: 4.6393 Head: 4 IoT nodes: 6

reEnrg: 4.4712 Head: 4 IoT nodes: 6

reEnrg: 4.3838 Head: 4 IoT nodes: 6

در نهایت، مجموع انرژی باقیمانده دستگاه‌های اینترنت اشیا خانه هوشمند در این 5 دوره به صورت شکل زیر شده است:



شکل (4-2) مجموع انرژی باقیمانده دستگاه‌های اینترنت اشیا خانه هوشمند

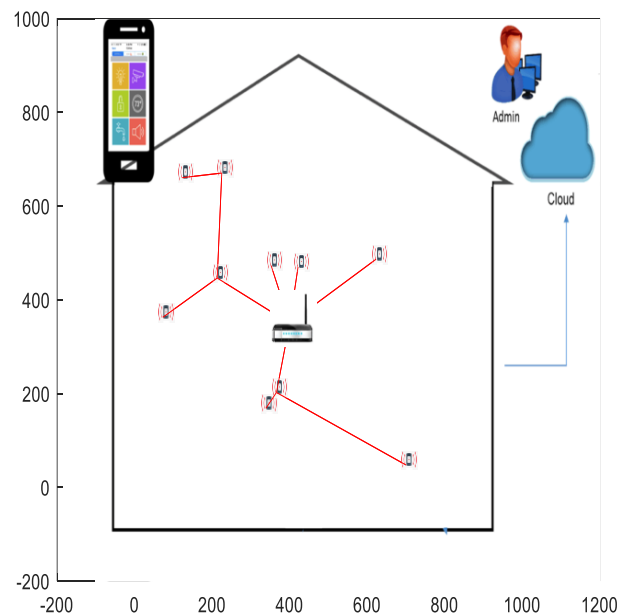
در شبیه‌سازی دیگر، فرض بر آن شده است که دستگاه‌های اینترنت اشیا در خانه هوشمند به صورت زیر تعبیه شده باشند:

هوشمند توزیع شدند. پارامترهای شبکه اینترنت اشیا در شبیه‌سازی در جدول (4-1) بیان شده است.

جدول (4-1) پارامترهای شبکه اینترنت اشیا در شبیه‌سازی

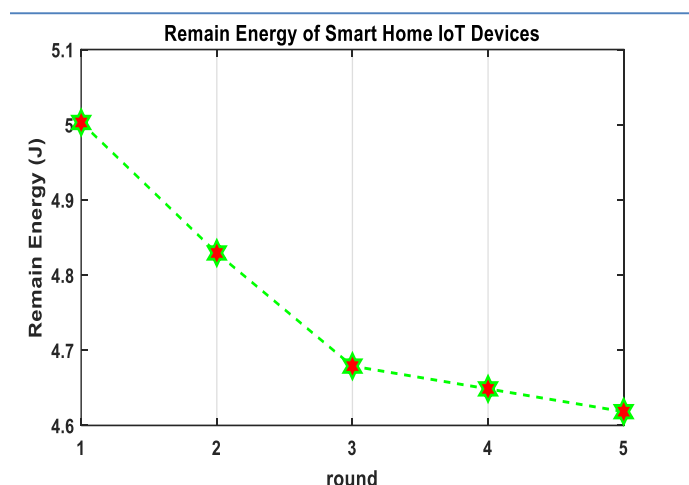
مقدار پارامتر	نام پارامتر
1000 m	طول شبکه
1000 m	عرض شبکه
10 IoT	تعداد دستگاه‌های اینترنت اشیا
5e-1 J	انرژی اولیه باتری دستگاه‌ها
5e-9 J	میزان مصرف انرژی برای جمع‌آوری داده
5e-8 J	انرژی لازم برای دریافت و انتقال داده
5e-8 J	
100 m	حداکثر برد آنتن دستگاه‌ها

با اجرای روش پیشنهادی، عملیات انتخاب سرخوشه توسط منطق فازی صورت گرفته است که از میان دستگاه‌ها، 3 دستگاه اینترنت اشیا به عنوان سرخوشه و مابقی به عنوان اعضای درون خوشه، بر اساس فاصله تا نزدیکترین سرخوشه انتخاب می‌شوند. نتیجه در شکل (4-1) نشان داده شده است.



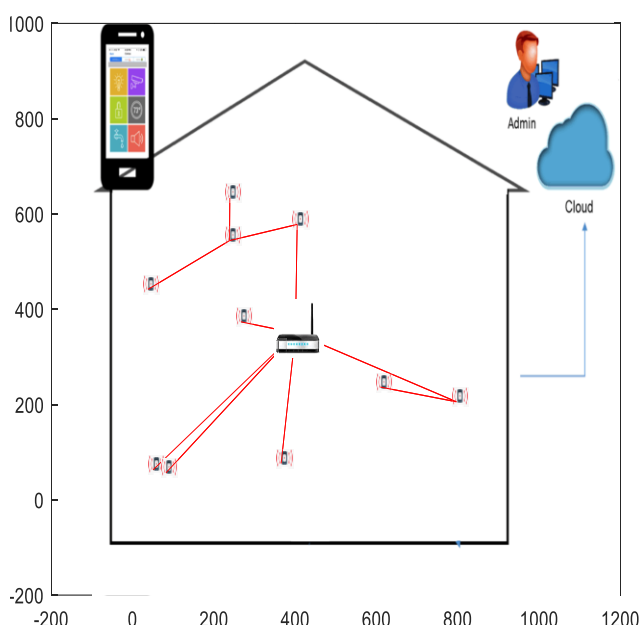
شکل (4-1) ساختار شبکه خوشه‌بندی شده توسط روش پیشنهادی





شکل (4-4) مجموع انرژی باقیمانده دستگاه‌های اینترنت اشیا خانه هوشمند

در شبیه‌سازی دیگر، فرض بر آن شده است که دستگاه‌های اینترنت اشیا در خانه هوشمند به صورت زیر تعبیه شده باشند:

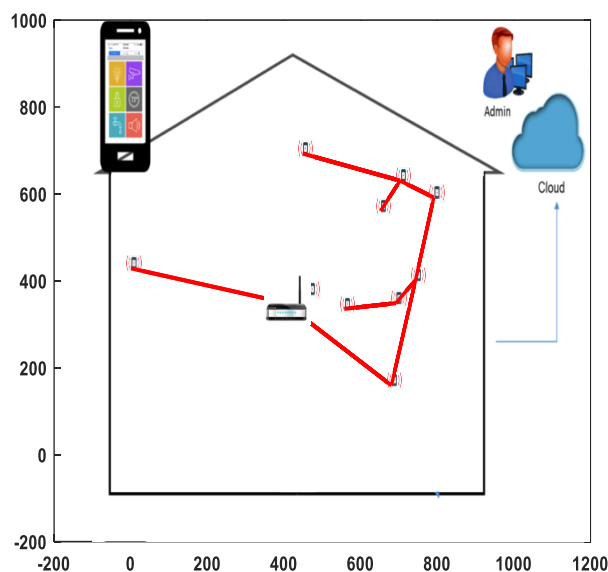


شکل (4-5) ساختار شبکه خوشه‌بندی شده توسط روش پیشنهادی

که تعداد دستگاه‌های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه‌ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.

reEnrg: 5.2012    Head: 3    IoT nodes: 7.

که نشان می‌دهد تعداد دستگاه‌هایی که فعلاً نقش سرخوشه را بازی میکنند برابر با 3 دستگاه هستند و انرژی باقیمانده در کل شبکه برابر با 5/2012 ژول است. با ادامه اجرای شبیه‌سازی، تعداد دستگاه‌های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه‌ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.



شکل (3-4) ساختار شبکه خوشه‌بندی شده توسط روش پیشنهادی

که تعداد دستگاه‌های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه‌ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.

reEnrg: 5.1761    Head: 3    IoT nodes: 7.

که نشان می‌دهد تعداد دستگاه‌هایی که فعلاً نقش سرخوشه را بازی میکنند برابر با 3 دستگاه هستند و انرژی باقیمانده در کل شبکه برابر با 5/176 ژول است. با ادامه اجرای شبیه‌سازی، تعداد دستگاه‌های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه‌ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.

reEnrg: 5.003	Head: 5	IoT nodes: 5
reEnrg: 4.8294	Head: 5	IoT nodes: 5
reEnrg: 4.6789	Head: 5	IoT nodes: 5
reEnrg: 4.6486	Head: 5	IoT nodes: 5
reEnrg: 4.6183	Head: 5	IoT nodes: 5

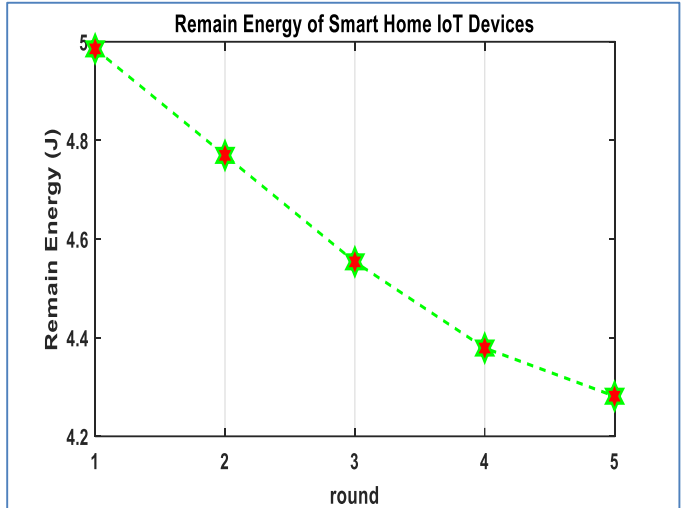
در نهایت، مجموع انرژی باقیمانده دستگاه‌های اینترنت اشیا خانه هوشمند در این 5 دوره به صورت شکل زیر شده است:



در شبیه سازی دیگر، فرض بر آن شده است که دستگاه های اینترنت اشیا در خانه هوشمند برابر با 20 دستگاه باشند که به صورت زیر تعبیه شده باشند:

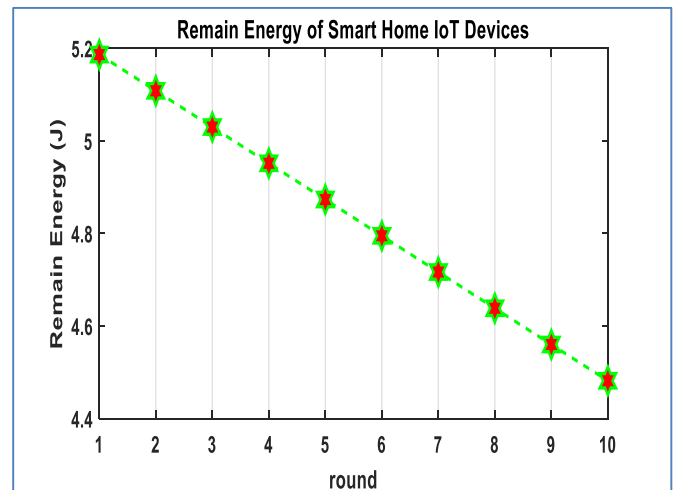
reEng: 4.9856	Head: 4	IoT nodes: 6
reEng: 4.7697	Head: 4	IoT nodes: 6
reEng: 4.5538	Head: 4	IoT nodes: 6
reEng: 4.379	Head: 4	IoT nodes: 6
reEng: 4.2813	Head: 4	IoT nodes: 6

در نهایت، مجموع انرژی باقیمانده دستگاه های اینترنت اشیا خانه هوشمند در این 5 دوره به صورت شکل زیر شده است:



شکل (4-6) مجموع انرژی باقیمانده دستگاه های اینترنت اشیا خانه هوشمند

در ادامه، تعداد اجرای این شبیه سازی به 10 دوره تغییر دادیم و نتیجه میزان انرژی باقیمانده دستگاه ها به صورت شکل زیر شده است.



شکل (4-7) مجموع انرژی باقیمانده دستگاه های اینترنت اشیا خانه هوشمند

شکل (4-8) ساختار شبکه خوشه بندی شده توسط روش پیشنهادی که تعداد دستگاه های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.

reEng: 10.7448	Head: 6	IoT nodes: 14
----------------	---------	---------------

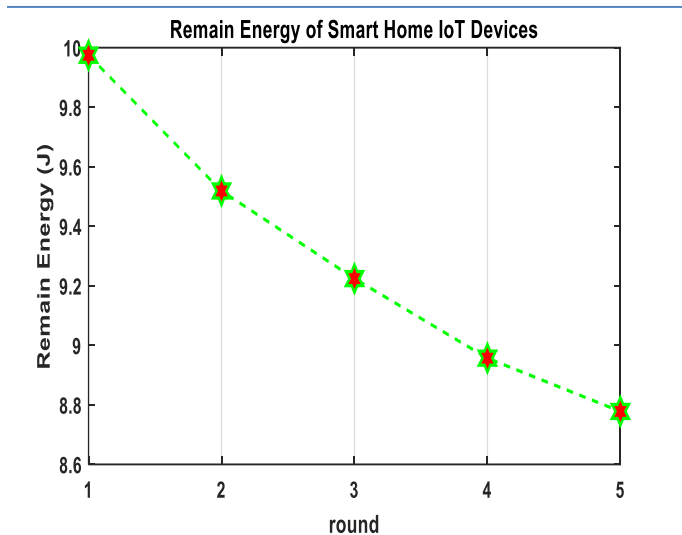
که نشان می دهد تعداد دستگاه هایی که فعلا نقش سرخوشه را بازی میکنند برابر با 6 دستگاه هستند و انرژی باقیمانده در کل شبکه برابر با 10/744 ژول است. با ادامه اجرای شبیه سازی، تعداد دستگاه های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.

reEng: 10.621	Head: 9	IoT nodes: 11
reEng: 10.498	Head: 9	IoT nodes: 11
reEng: 10.374	Head: 9	IoT nodes: 11
reEng: 10.251	Head: 9	IoT nodes: 11
reEng: 10.127	Head: 9	IoT nodes: 11

در نهایت، مجموع انرژی باقیمانده دستگاه های اینترنت اشیا خانه هوشمند در این 5 دوره به صورت شکل زیر شده است:

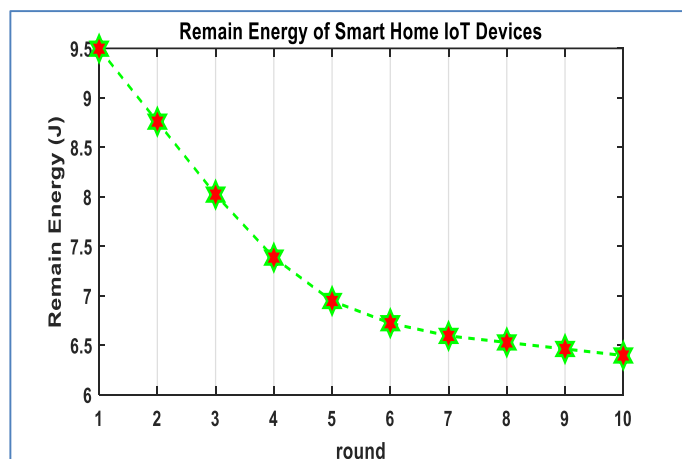
reEnerg: 9.5187	Head: 10	IoT nodes: 10
reEnerg: 9.2243	Head: 10	IoT nodes: 10
reEnerg: 8.957	Head: 10	IoT nodes: 10
reEnerg: 8.778	Head: 10	IoT nodes: 10

در نهایت، مجموع انرژی باقیمانده دستگاه‌های اینترنت اشیا خانه هوشمند در این 5 دوره به صورت شکل زیر شده است:



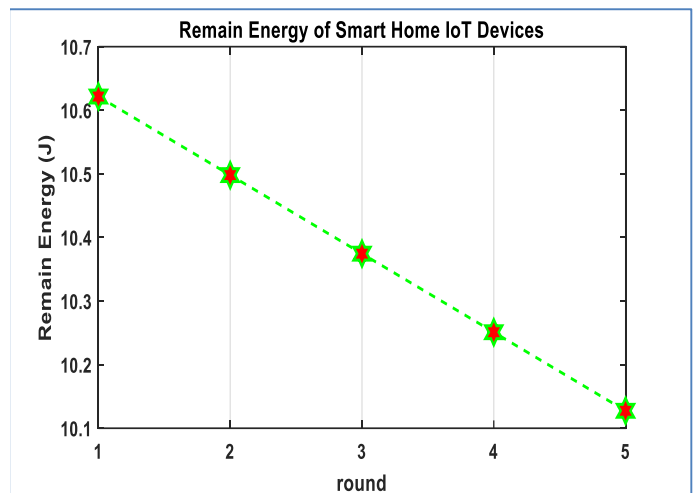
شکل (4-11) مجموع انرژی باقیمانده دستگاه‌های اینترنت اشیا خانه هوشمند

در ادامه، تعداد اجرای این شبیه‌سازی به 10 دوره تغییر دادیم و نتیجه میزان انرژی باقیمانده دستگاه‌ها به صورت شکل زیر شده است.



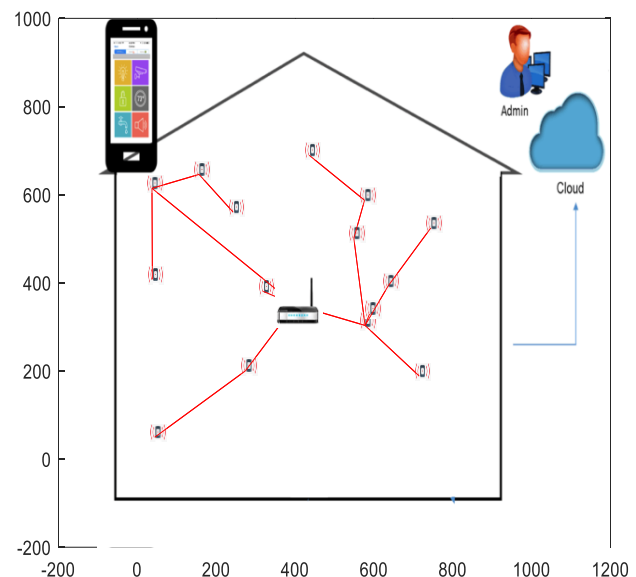
شکل (4-12) مجموع انرژی باقیمانده دستگاه‌های اینترنت اشیا خانه هوشمند

در شبیه‌سازی دیگر، فرض بر آن شده است که دستگاه‌های اینترنت اشیا در خانه هوشمند برابر با 50 گره به صورت زیر تعبیه شده باشند:



شکل (4-9) مجموع انرژی باقیمانده دستگاه‌های اینترنت اشیا خانه هوشمند

در شبیه‌سازی دیگر، فرض بر آن شده است که دستگاه‌های اینترنت اشیا در خانه هوشمند به صورت زیر تعبیه شده باشند:



شکل (4-10) ساختار شبکه خوشه‌بندی شده توسط روش پیشنهادی که تعداد دستگاه‌های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه‌ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.

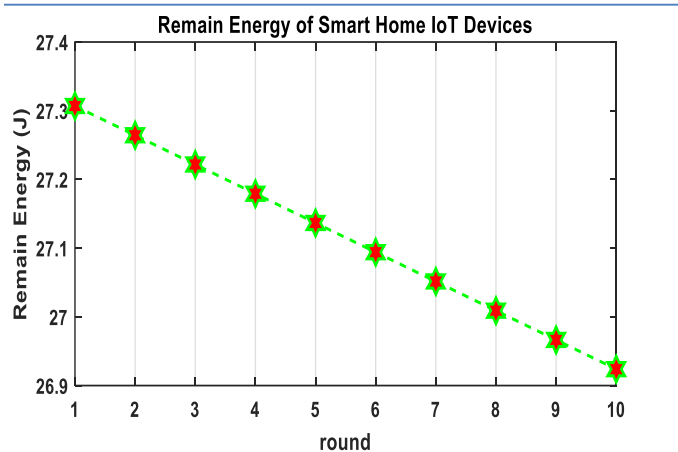
reEnerg: 10.4629 Head: 6 IoT nodes: 14.

که نشان می‌دهد تعداد دستگاه‌هایی که فعلاً نقش سرخوشه را بازی میکنند برابر با 6 دستگاه هستند و انرژی باقیمانده در کل شبکه برابر با 10/4629 ژول است. با ادامه اجرای شبیه‌سازی، تعداد دستگاه‌های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه‌ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.

reEnerg: 9.9745 Head: 10 IoT nodes: 10

reEng: 26.9664      Head: 30      IoT nodes: 20  
reEng: 26.9239      Head: 30      IoT nodes: 20

در نهایت، مجموع انرژی باقیمانده دستگاه های اینترنت اشیا خانه هوشمند در این 10 دوره به صورت شکل زیر شده است:



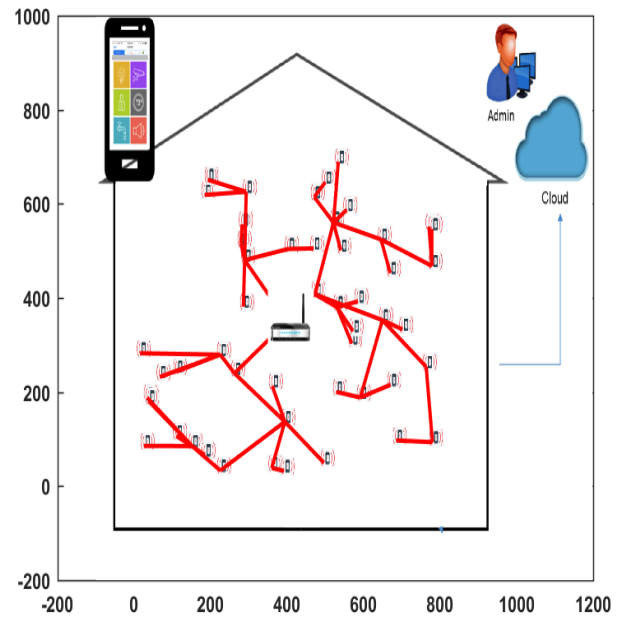
شکل (4-14) مجموع انرژی باقیمانده دستگاه های اینترنت اشیا خانه هوشمند

### 3- فرضیه تحقیق

- 1- روش پیشنهادی می تواند مصرف انرژی در خانه هوشمند را کاهش دهد.
- 2- روش پیشنهادی می تواند از سیستم کنترلر فازی در کنترل و نظارت بر دستگاه های نصب شده در خانه هوشمند استفاده کند.
- 3- سیستم فازی پیشنهاد شده می تواند بر میزان مصرف انرژی در خانه هوشمند تاثیرگذار باشد.

### 4- روش تحقیق

در این تحقیق، ابتدا مطالعه ای بر برخی از مقالات ارائه شده در زمینه هوشمندسازی خانه ها و ساختمان ها و همچنین در زمینه اینترنت اشیا و شبکه های حسگر بی سیم صورت می گیرد. سپس به بررسی روش منطق فازی و سیستم کنترلر فازی و فرایندهای خوشه بندی پرداخته شده و از آن روش ها برای استفاده در طرح پیشنهادی مورد استفاده قرار خواهیم داد. در روش پیشنهادی، از منطق فازی و روش خوشه بندی برای کنترل و نظارت بر مصرف انرژی در خانه هوشمند استفاده خواهد شد. برای پیاده سازی از محیط شبیه سازی نرم افزار متلب استفاده می شود. نتایج به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت.



شکل (4-13) ساختار شبکه خوشه بندی شده توسط روش پیشنهادی که تعداد دستگاه های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.

reEng: 27.3483      Head: 15      IoT nodes: 35

که نشان می دهد تعداد دستگاه هایی که فعلا نقش سرخوشه را بازی میکنند برابر با 15 دستگاه هستند و انرژی باقیمانده در کل شبکه برابر با 27/348 ژول است. با ادامه اجرای شبیه سازی، تعداد دستگاه های دارای انرژی و میزان انرژی باقیمانده در کل دستگاه ها و تعداد سرخوشه و تعداد اعضای درون خوشه در این اجرا به صورت زیر است.

reEng: 27.3068      Head: 30      IoT nodes: 20  
reEng: 27.2643      Head: 30      IoT nodes: 20  
reEng: 27.2217      Head: 30      IoT nodes: 20  
reEng: 27.1792      Head: 30      IoT nodes: 20  
reEng: 27.1366      Head: 30      IoT nodes: 20  
reEng: 27.0941      Head: 30      IoT nodes: 20  
reEng: 27.0515      Head: 30      IoT nodes: 20  
reEng: 27.009      Head: 30      IoT nodes: 20

## اهداف تحقیق

در راستای موضوع در نظر گرفته شده در این تحقیق، اهدافی در نظر گرفته شده‌اند که در ذیل ذکر شده‌اند:

- 1- به‌کارگیری سیستم کنترلر فازی در خانه هوشمند به منظور کاهش مصرف انرژی توسط روش پیشنهادی.
- 2- کاهش مصرف انرژی در خانه هوشمند توسط روش پیشنهادی.
- 3- افزایش میزان بهره‌وری از منابع استفاده شده در خانه هوشمند توسط روش پیشنهادی.
- 4- کنترل و نظارت بهتر دستگاه‌های اینترنت اشیا و شبکه حسگر بی‌سیم مستقر در خانه هوشمند توسط روش پیشنهادی.

همچنین نتایج این تحقیق می‌تواند برای محققین و برخی سازمان‌های مرتبط با طراحی و ساخت ساختمان مانند سازمان نظام مهندسی ساختمان مورد استفاده قرار گیرد تا بتوانند ساخت و طراحی و نصب دستگاه‌های هوشمند در خانه‌های هوشمند به‌گونه‌ای به‌کار گیرند تا هزینه مصرف انرژی در ساختمان‌ها را کاهش دهند.

هدف اصلی:

روش پیشنهادی چگونه می‌تواند مصرف انرژی در خانه هوشمند را کاهش دهد؟

اهداف فرعی:

- 1- آیا روش پیشنهادی می‌تواند از سیستم کنترلر فازی در کنترل و نظارت بر دستگاه‌های نصب شده در خانه هوشمند استفاده کند؟
- 2- سیستم فازی پیشنهاد شده چگونه می‌تواند بر میزان مصرف انرژی در خانه هوشمند تاثیرگذار باشد؟

## 5- خلاصه نتایج فرضیه‌های تحقیق

از آنجایی که استفاده از بستر اینترنت اشیا در خانه‌های هوشمند به‌طور روزافزون در حال افزایش است کاهش مصرف انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا ارائه روش‌هایی که بتواند در فرایند تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات درون محیط اینترنت اشیا، مصرف باتری دستگاه‌های موجود را کاهش دهد، از ضروریات انجام این تحقیق است. در روش پیشنهادی این تحقیق، زیرمجموعه‌ای از دستگاه‌های هوشمند در خانه به خوشه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند تا بتوان داده‌های آنها را بهتر مورد کنترل و نظارت قرار داد و فرایند تصمیم‌گیری را برای این دستگاه‌های درون خوشه با حداقل زمان ممکن فراهم کند.

با این حال، ساختمان‌ها ممکن است به روش‌های مختلف گروه‌بندی شوند، زیرا آنها دارای اشیاء پیچیده، چند بعدی و ناهمگن هستند. علاوه بر این، دستگاه‌های اینترنت اشیا، انواع شبکه‌های

حسگر بی‌سیم و ارتباطات با سیم در در ساختمان‌ها و خانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که همه آنها برای کنترل و نظارت بر مصارف خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مثلاً دستگاه‌های اینترنت اشیا می‌توانند در مواقع لازم، سیستم سرمایش و یا گرمایش خانه را کنترل کنند و در مواقع لازم، آنها را روشن و یا خاموش کنند. بنابراین ارائه راهکارهایی که بتواند با کنترل و نظارت مناسب میزان مصرف انرژی را در خانه‌های هوشمند کاهش دهد ضروری به نظر می‌رسد و همچنان به عنوان یکی از چالش‌های مهم در زمینه خانه‌های هوشمند است.

مقالات مختلفی به دنبال انجام این کار در حوزه مصرف انرژی در ساختمان هستند که هر یک از جنبه‌های مختلفی به مصرف انرژی در خانه نگاه داشتند. در این تحقیق یک رویکرد مناسب با استفاده از سیستم فازی و الگوریتم‌های خوشه‌بندی پیشنهاد می‌شود که می‌تواند علاوه بر پیش پردازش برای تقسیم داده‌های کلی به گروه‌های کوچک‌تر، تبادل داده‌ها در شبکه درون خانه را کنترل و نظارت کند به‌گونه‌ای که منجر به کاهش مصرف انرژی در خانه هوشمند شود.

در روش پیشنهادی از منطق فازی برای عمل خوشه‌بندی دستگاه‌های اینترنت اشیا در خانه هوشمند استفاده می‌شود به‌گونه‌ای که برای انتقال داده بین دستگاه‌ها کمترین گام حرکتی صورت گیرد تا میزان انرژی کمتری برای آن استفاده شود و طول عمر باتری این دستگاه‌ها افزایش یابد.

در روش پیشنهادی، زیرمجموعه‌ای از دستگاه‌های هوشمند در خانه به خوشه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند تا بتوان داده‌های آنها را بهتر مورد کنترل و نظارت قرار داد و فرایند تصمیم‌گیری را برای این دستگاه‌های درون خوشه با حداقل زمان ممکن فراهم کند. با برقراری ارتباط مناسب بین دستگاه‌هایی که در یک خوشه قرار می‌گیرند، می‌توان مصرف انرژی را در خانه‌های هوشمند کنترل کرد به‌گونه‌ای که موجب هدررفت کمتر انرژی در خانه گردد. این امر منجر به افزایش میزان بهره‌وری از منابع مصرفی در خانه گردد و در نتیجه مصرف انرژی در خانه هوشمند کاهش خواهد یافت.

در خانه هوشمند، یک نقطه دسترسی AP در نظر گرفته شده است. یکی از وظایف این AP جمع‌آوری اطلاعات کلیه دستگاه‌های اینترنت اشیا و تجزیه و تحلیل آن اطلاعات است. پارامترهای فازی برای هر دستگاه اینترنت اشیا اندازه‌گیری می‌شوند به سیستم فازی پیشنهاد شده داده می‌شود. این سیستم فازی در سیستم کنترلی مرکزی مستقر است و توسط AP از دستگاه‌های IoT دریافت می‌شوند. مقادیر این پارامترها تبدیل به اعداد فازی خواهند شد و

In Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2015 IEEE 39th Annual (Vol. 3, pp. 487-492). IEEE.

[9]. Samuel, S. S. I. (2016, March). A review of connectivity challenges in IoT-smart home. In Big Data and Smart City (ICBDSC), 2016 3rd MEC International Conference on (pp. 1-4). IEEE.

[10]. Santoso, F. K., & Vun, N. C. (2015, June). Securing IoT for smart home system. In Consumer Electronics (ISCE), 2015 IEEE International Symposium on (pp. 1-2). IEEE.

[11]. Coelho, C., Coelho, D., & Wolf, M. (2015, December). An IoT smart home architecture for long-term care of people with special needs. In Internet of Things (WF-IoT), 2015 IEEE 2nd World Forum on (pp. 626-627). IEEE.

[12]. Debroy, S., Samanta, P., Bashir, A., & Chatterjee, M. (2018). SpEED-IoT: Spectrum aware energy efficient routing for device-to-device IoT communication. Future Generation Computer Systems.

[13]. Shah, S. B., Chen, Z., Yin, F., Khan, I. U., & Ahmad, N. (2018). Energy and interoperable aware routing for throughput optimization in clustered IoT-wireless sensor networks. Future Generation Computer Systems, 81, 372-381.

[14]. Anamalamudi, S., Sangi, A. R., Alkathairi, M., & Ahmed, A. M. (2018). AODV routing protocol for Cognitive radio access based Internet of Things (IoT). Future Generation Computer Systems.

[15]. Elappila, M., Chinara, S., & Parhi, D. R. (2018). Survivable Path Routing in WSN for IoT applications. Pervasive and Mobile Computing, 43, 49-63.

[16]. Li, J., Silva, B. N., Diyan, M., Cao, Z., & Han, K. (2018). A Clustering Based Routing Algorithm in IoT Aware Wireless Mesh Networks. Sustainable Cities and Society.

[17]. Hamrioui, S., & Lorenz, P. (2017). Bio Inspired Routing Algorithm and Efficient Communications within IoT. IEEE Network, 31(5), 74-79.

[18]. Xua, R., Yang, S. H., Li, P., & Cao, J. (2014, June). IoT architecture design for 6LoWPAN enabled Federated Sensor Network. In Proceeding of the 11th World Congress on

بر اساس گام‌های فازی و مجموعه قواعد تعریف‌شده، میزان شانس آنها بر اساس این پارامترها برای سرخوشه شدن به دست می‌آید. به منظور ارزیابی روش پیشنهادی چند شبیه سازی صورت گرفت و نتایج نشان دادند که روش پیشنهادی توانسته است به اهداف تحقیق دست یابد.

## مراجع

- [1]. Hsu, D., 2015. Comparison of integrated clustering methods for accurate and stable prediction of building energy consumption data. Applied energy, 160, pp.153-163.
- [2]. Popa, D., Pop, F., Serbanescu, C. and Castiglione, A., 2019. Deep learning model for home automation and energy reduction in a smart home environment platform. Neural Computing and Applications, 31(5), pp.1317-1337.
- [3]. Siddiqui, A. and Sibal, A., 2020. Energy disaggregation in smart home appliances: a deep learning approach. Energy.
- [4]. Oprea, S.V., Bâra, A., Ifrim, G.A. and Coroianu, L., 2019. Day-ahead electricity consumption optimization algorithms for smart homes. Computers & Industrial Engineering, 135, pp.382-401.
- [5]. Abie, H., & Balasingham, I. (2012, February). Risk-based adaptive security for smart IoT in eHealth. In Proceedings of the 7th International Conference on Body Area Networks (pp. 269-275). ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering).
- [6]. Habib, K., Torjusen, A., & Leister, W. (2015). Security analysis of a patient monitoring system for the Internet of Things in eHealth. In The Seventh International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine (eTELEMED).
- [7]. Torjusen, A. B., Abie, H., Paintsil, E., Trcek, D., & Skomedal, Å. (2014, August). Towards run-time verification of adaptive security for IoT in eHealth. In Proceedings of the 2014 European Conference on Software Architecture Workshops (p. 4). ACM.
- [8]. Wang, D., Lo, D., Bhimani, J., & Sugiura, K. (2015, July). Anycontrol-iot based home appliances monitoring and controlling.

2009. SECON Workshops' .Networks Workshops
09. 6th Annual IEEE Communications Society Conference on (pp. 1-3). IEEE.
- ، P. (2016. & Singh. S., Kumar. S.,[28]. Rajpoot February). Implementing the physical web using Bluetooth low energy based beacons and a mobile app. In Innovation and Challenges in 2016 .Cyber Security (ICICCS-INBUSH) International Conference on (pp. 327-329). IEEE.
- Networking Protocols and .[29]. Salman Tara Wiley Online .of Things Standards for Internet 2017..Library
- & ، R., Petroccia. C., Petrioli. S.,[30]. Basagni D. (2015). CARP: A channel-aware .Spaccini routing protocol for underwater acoustic 92-. 34.wireless networks. Ad Hoc Networks 104002E.
- A. H. (2015). ، & Aghvami. H., Su. A.,[31]. Aijaz CORPL: A Routing Protocol for Cognitive Radio Enabled AMI Networks. IEEE Trans. Smart 477-485.. 6(1).Grid
- I. A. (2017). ، & Saroit. S., Taha. Z. J.,[32]. Haddad Anonymous authentication and location privacy preserving schemes for LTE-A networks. Egyptian 193-203.. 18(3).Informatics Journal
- M. ، & Petracca. R., Sannino. M.,[33]. Gentili (2016). BlueVoice: voice communications over Bluetooth Low Energy in the Internet of Things 51-59.. 89.scenario. Computer Communications
- T. (2017b). ، & Kim. P. K., Chong. S. H.,[34]. Kim Performance study of routing protocols in ZigBee wireless mesh networks. Wireless Personal 1829-1853.. 95(2).Communications
- T. ، & Noël. J., Montavont. P.,[35]. Neumann October). Indoor deployment of low-(2016 power wide area networks (LPWAN): A LoRaWAN case study. In Wireless and Mobile Networking and Communications .Computing 2016 IEEE 12th International .(WiMob) Conference on (pp. 1-8). IEEE.
- [36]. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and control, 8(3), 338-353.
- Intelligent Control and Automation (pp. 2997-3002). IEEE.
- [19]. Xua, R., Yang, S. H., Li, P., & Cao, J. (2014, June). IoT architecture design for 6LoWPAN enabled Federated Sensor Network. In Proceeding of the 11th World Congress on Intelligent Control and Automation (pp. 2997-3002). IEEE.
- Y. (2012). ، & Chen. R., Zhang. X.,[20]. Shang Internet of things (IoT) service architecture and its application in e-commerce. Journal of Electronic Commerce in Organizations 44-55.. 10(3).(JECO)
- Zach. 6LoWPAN: The wireless .[21]. Shelby embedded Internet. 2011.
- ، Chatzimisios Periklis.[22]. Karagiannis Vasileios ، Alonso-Zarate Jesus.Vazquez-Gallego Francisco "A Survey on Application Layer Protocols for the Journal of Transaction on IoT .Internet of Things" 2015..and Cloud Computing
- ، Guizani Mohsen,[23]. Al-Fuqaha Ala ، Aledhari Mohammed.Mohammadi Mehdi "Internet of Things: A Survey on .Ayyash Moussa and ، Protocols.Enabling Technologies IEEE Communications Surveys & Applications" 2015.. pp. 2347- 2376. Issue: 4. Vol. 17.Tutorials
- Shatnawi Mohammed .[24]. Bani Yassein Muneer "Application Layer Protocols ، Al-zoubi Dua'.Q. IEEE .for the Internet of Things: A survey" International Conference on Engineering & MIS 2016.. pp. 1-4.(ICEMIS)
- March). ، B. (2016. & Shah. R. A.,[25]. Rahman Security analysis of IoT protocols: A focus in 2016 .CoAP. In Big Data and Smart City (ICBDSC) 3rd MEC International Conference on (pp. 1-7). IEEE.
- ، & Grace. G., Blair. R., Karlsen. A. K.,[26]. Eidsvik P. (2008). Interfacing remote transaction services using UPnP. Journal of Computer and System 158-169.. 74(2).Sciences
- June). The olsr ، C. (2009. & Pisa. F. S.,[27]. Proto .mdns extension for service discovery. In Sensor Mesh and Ad Hoc Communications and

