



به نام خدا

سینار (تحقیق و تبع نظری)

دانشجو

محمد رضا غلام رضایی

استاد راهنمای

دکتر سید علی رضوی ابراهیمی

شماره دانشجویی

400950904

فهرست

3.....	مقدمه.....
4.....	یک الگو، چند دیدگاه.....
4.....	چشم انداز شی گرا Things oriented vision
4.....	چشم انداز اینترنت گرا Internet oriented vision
5.....	چشم انداز معنا گرا Semantic oriented vision
5.....	کاربردهای اینترنت اشیا.....
6.....	شهر هوشمند.....
15.....	حوزه بهداشت و سلامت.....
42.....	سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی خانه در شبکه‌های اینترنت اشیا
25.....	مکانیزم‌های ارتباطی بی‌سیم قابل اعتماد برای شبکه‌های اینترنت اشیا.....
71.....	منابع

مقدمه

اینترنت اشیا اصطلاحی است برای توصیف دنیایی که در آن 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 انسان‌ها به اشتراک بگذارند و کلاس جدیدی از قابلیت‌ها، برنامه‌های کاربردی و سرویسها را ارائه دهنند. دنیایی که در آن تمامی اشیا و دستگاه‌های نامتجانس قابلیت آدرسدهی و در نتیجه قابلیت کنترل پذیری دارند. اینترنت اشیا، نوآوری آینده در زمینه تکنولوژیهای بیسیم محسوب می‌شود و در بسیاری از زمینه‌ها و حوزه‌ها دارای کاربرد است. در این مقاله ابتدا این ایده را از دیدگاه‌های مختلف بررسی کرده و سپس کاربردهای آن را در زمینه‌ها و حوزه‌های گوناگون معرفی می‌کنیم.

همچنین در ادامه به بررسی جدیدترین فناوریهای ارائه شده برای پیاده‌سازی اینترنت اشیا و مهمترین چالش‌های مورد بحث که این پدیده با آن روبروست می‌پردازم.

در سالهای اخیر پیشرفت‌ها در زمینه فناوری اطلاعات باعث سرعت بخشیدن به توسعه جهان مجازی شده است. اینترنت اشیا روز به روز در حال پیشرفت می‌باشد و لحظه به لحظه نقش آن در زندگی ما پررنگ‌تر می‌شود. امروزه اکثر گره‌های پایانی در اینترنت را افرادی تشکیل می‌دهند که از گوشی‌های هوشمند، تبلت‌ها، لپ‌تاپ‌ها و کامپیوتر‌ها استفاده می‌کنند اما طولی نمی‌کشد که اشیا این تعادل را برهم زده و تعداد اشیا متصل به اینترنت بر تعداد افراد متصل به اینترنت پیشی می‌گیرد. پیش‌بینی‌های موسسه تحقیقاتی گارتنر نشان می‌دهد تا سال 2020 حدود 26 میلیارد دستگاه مختلف در سراسر جهان به شبکه اینترنت متصل می‌شود.^[1,2] همچنین شرکت سیسکو پیش‌بینی کرده که فناوری اینترنت اشیا تا سال 2020 حدود 50 میلیارد وسیله را با آدرس‌های IP مشخص به اینترنت متصل می‌کند. این یعنی به طور میانگین به ازای هر شخص حدود 6 و 5 دستگاه به اینترنت متصل می‌شود.

اینترنت اشیا از نسخه 6 پروتکل اینترنت(IPv6) استفاده می‌کند که مزایای متعددی را نسبت به پروتکل اینترنت نسخه 4 فراهم می‌کند. IPv6 دارای فضای آدرسی شامل 121 بیت در مقایسه با IPv4 با فضای آدرسی 32 بیتی است. همچنین مسیریابی موثرتر، کاهش نیازهای مدیریتی، پشتیبانی موثرتر از قابلیت تحرک و امنیت بیشتر با استفاده از پیاده‌سازی مکانیزم‌های رمز نگاری و تشخیص هویت به وسیله IPsec از دیگر مزایای IPv6 است. اصطلاح اینترنت اشیا، برای نخستین بار در سال 1999 توسط کوین اشتون در انستیتو تکنولوژی ماساچوست (MIT) مورد استفاده قرار

گرفت. یکی از اصلی ترین فاکتورهای این الگوی امید بخش یکپارچگی فناوری های مختلف است. همچنین بستر اینترنت اشیا بر امواج رادیویی بی سیمی قرار داده شده است که به اشیا، ماشین ها و دستگاه های مختلف این امکان را می دهد که از راه دور و با استفاده از اینترنت به عنوان یک پلتفرم جهانی با یکدیگر به برقراری ارتباط پرداخته و هماهنگ باشند. [4] مسلما قدرت اصلی ایده اینترنت اشیا تاثیر زیادی است که بر جنبه های مختلف زندگی روزمره افراد خواهد داشت. از نقطه نظر کاربران، آشکارترین تاثیر اینترنت اشیا در زمینه های هوشمندسازی، اسایش و رفاه، سلامت و کسب وکار مشهود خواهد بود. در این پایان نامه ابتدا این ایده را از دیدگاه های مختلف به طور کامل بررسی کرده و سپس کاربردهای آن را در زمینه ها و حوزه های گوناگون معرفی می کنیم. همچنین در ادامه به بررسی جدیدترین فناوری های ارائه شده برای پیاده سازی اینترنت اشیا و مهمترین چالش های مورد بحث که این پدیده با آن روبروست میپردازیم.

یک الگو، چند دیدگاه

اینترنت اشیا از دو واژه تشکیل شده است، ابتدا اینترنت که نشان از مبتنی بر IP بودن آن است و سپس اشیا که نشاندهنده اشیا و دستگاههای نامتجانس است که میخواهند به هم متصل شده و به تبادل داده بپردازنند. مفاهیم مختلفی از اینترنت اشیا IoT ارائه شده است که ارائه این مفاهیم نشانگر اهمیت پیامدهای IoT و تحقیق حول این موضوع است. موارد زیر سه چشم انداز اصلی اینترنت اشیا هستند که در پژوهشها بیشترین تمرکز بر روی آنها بوده است:

چشم انداز شی گرا : THINGS ORIENTED VISION

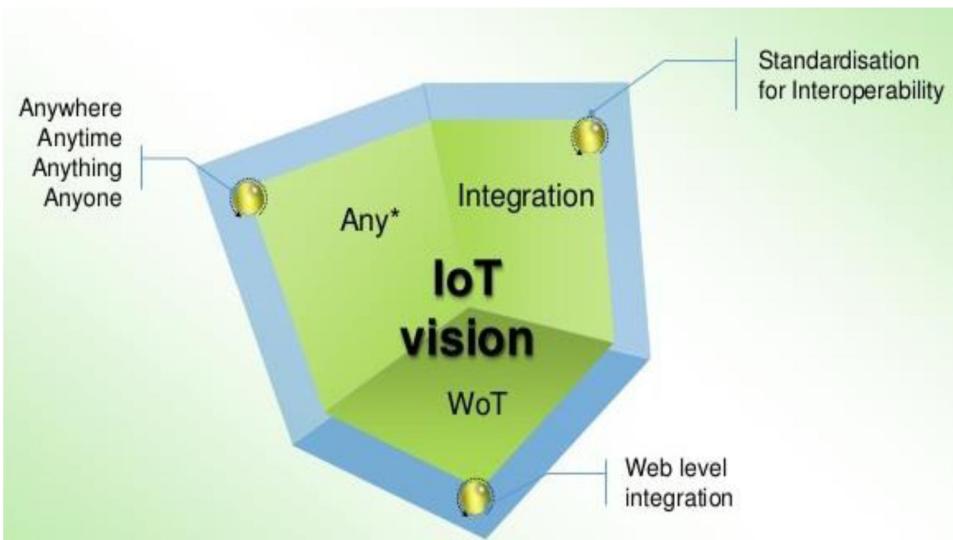
اینترنت اشیا با توسعه فناوری برچسب هوشمند (RFID) آغاز شد که متشکل از یک یا چند دستگاه قرائت کننده (Reader) و چندین تگ RFID بود ولی تنها به آن محدود نشد. فناوریهای فراوان دیگری در اینترنت اشیا درگیر هستند که این فناوریها عبارت اند از: حسگرهای، فناوریهایی مثل Zigbee، WiFi، NFC، Infrared، LoWPAN، Z-Wave، Bluetooth، و شبکه های موبایلی. اینترنت اشیا همانند اینترنت که روابط اجتماعی بین انسانها را تا حدود زیادی به سمت دنیای مجازی انتقال داد، این پتانسیل را دارد که ابعاد جدیدی را در روابط بین اشیا هوشمند به وجود آورد.

چشم انداز اینترنت گرا : INTERNET ORIENTED VISION

تمرکز چشمانداز اینترنت گرا بر روی IP برای اشیا هوشمند است و پیشنهاد میکند از پروتکل های اینترنت برای حمایت از اتصال اشیا هوشمند در سراسر جهان استفاده شود. توسعه IPv6 به عنوان یک راه حل که به دلیل فضای بسیار گسترده آن برای آدرس دهی تمامی اشیا قابلیت دریافت شناسه اختصاصی را خواهند داشت، مطرح شده است. تمرکز دیگر این دیدگاه توسعه وبی از اشیا است که در آن استانداردهای وب و پروتکلها برای اتصال دستگاههای تعییه شده که بر روی اشیا روزمره نصب شده اند به کار گرفته میشوند.

چشم انداز معنا گرا : SEMANTIC ORIENTED VISION

یکی از چالش‌های قابل توجه که در اینترنت اشیا به وجود خواهد آمد، وجود یک شبکه با تعداد بسیار زیادی وسائل است که از استانداردهای گوناگونی پیروی کرده و قصد تعامل با یکدیگر را دارند. به طور خاصترمی توان قابلیتهای محاسباتی و ارتباطی بسیار مبتدی دستگاهها را علت این سطح از عدم تجانس دانست. بنابراین نیازمند استانداردی برای ایجاد امکان به هم پیوستن اجزای ناهمگون به یکدیگر و اطمینان از قابلیت همکاری آنها تحت این استاندارد هستیم.



حال بهتر میتوان دیدگاه اتحادیه بین المللی مخابرات (ITU) که از اعضای IOT است را درک کرد، که بر طبق آن امکان برقراری ارتباط در هر زمان، در هر مکان و برای هر چیز برقرار خواهد شد.

کاربردهای اینترنت اشیا

خدمات قابل ارائه اینترنت اشیا باعث افزایش کاربردهای آن شده است. به طوری که ممکن است علاوه بر بالا بردن کیفیت زندگی، سبک زندگی را نیز عوض کند. در این بخش به بررسی مهمترین کاربردهای اینترنت اشیا در زمینههای مختلف میپردازیم.

شهر هوشمند

اینترنت اشیا همه چیز را از خیابانها تا چراغ قرمزها در بر خواهد گرفت. این شهرهای هوشمند از طریق ارتباطات بیسیم قادرند تا ضمن سرویس دهی مناسب به شهروندان، هزینه های جانبی را به طرز محسوسی کاهش دهند؛ به عبارت دقیقتر شهرهای هوشمند اشاره به جایگذاری پیشرفت فناوری و مجموعهای از داده ها در زیرساخت هایی دارند که همگی این زیرساختها در تعامل با اینترنت اشیا قرار خواهند داشت با توجه به رشد سریع جمعیت و توسعه اقتصادی، تعداد وسایل نقلیه روز به روز در حال افزایش است. این موضوع منجر به افزایش ترافیک می شود. این ترافیکها در بازه های زمانی خاصی از روز، غیرقابل تحمل می شود. بنابراین، کنترل ترافیک و حفظ قانون و نظم ترافیکی به طور سنتی بسیار دشوار شده است. بنابراین، تقاضا برای یک سیستم مدیریت ترافیک بهبود یافته و بهینه را ایجاد می کند. تایمراهای ثابت یا کنترل دستی در روش های مرسوم کنترل ترافیک استفاده می شود که ثابت شده است برای کاهش این وضعیت بی اثر است. در این مقاله یک سیستم کاملاً جدید برای حل مشکل ترافیک ترافیک معرفی شده است. که ترافیک خودرو را در زمان واقعی نظارت می کند و سیستم به اندازه کافی هوشمند است تا شرایط ترافیک را تشخیص دهد و بسته به موقعیت تصمیم گیری کند. علاوه بر این، این سیستم به گونه ای طراحی شده است که می تواند شماره پلاک خودروهایی را که قوانین راهنمایی و رانندگی را نقض می کند، شناسایی کند. برای اطلاع رسانی به مراجع قانونی از آن پلاک و ارسال پیام تاییدیه با اعلام میزان جریمه به راننده، امکانات پیشرفت های اضافه شده است. در طول مقاله، تلاش شده است تا پیشرفت و کارایی این سیستم نسبت به سیستم کنترل دستی ترافیک موجود نشان داده شود.

اقتصاد جهان طی چند سال گذشته پیشرفت چشمگیری داشته است. با افزایش جمعیت، رشد تعداد وسایل نقلیه بوجود آمده است. بنابراین ترافیک به بزرگترین مسئله در کلان شهرها تبدیل شده است. ساعت کاری ارزشمند به دلیل ترافیک هدر رفته و بسیاری از اتومبیل ها در ترافیک گیر می کند. به دلیل انتشار CO_2 و سایر گازهای ازن، بر محیط زیست تأثیر منفی می گذارد. در بیشتر کلان شهرها، متوسط ترافیک در سال در حال کاهش است. مردم با گیر کردن در ترافیک ساعت ها اذیت می شوند و این تأثیر بدی بر سلامت روانی آنها دارد. بنابراین آنها تا

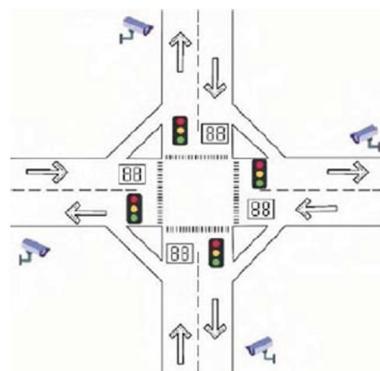
رسیدن به مقصد خود، نامید و افسرده میشوند . در نتیجه تمایل به زیر پا گذاشتن قوانین در بین رانندگان افزایش می‌یابد. به همین دلیل تعداد تصادفات در چند سال گذشته افزایش یافته است.

بنابراین ، مدیریت ازدحام ترافیک و بازگرداندن قانون و نظم در جاده‌ها بسیار مهم است. با توجه به مسائل اقتصادی ، تغییر انقلابی در زیرساخت‌های فعلی امکان پذیر نیست. بنابراین راه حل باید با نوسازی زیرساخت‌های فعلی انجام شود. و در اینجا پروژه‌ای مطرح می‌شود که این مدل را با استفاده از فناوری‌های مدرن مانند: پردازش تصویر ، الگوریتم تشخیص، یادگیری ماشینی و اینترنت اشیاء پیشنهاد می‌کند. تعداد زیادی از سیستم‌های کنترل ترافیکی در حال حاضر در دسترس است. از منظر تشخیص و ارائه راه حل آنها از ردیابی **GPS** ای شامل: **RFID** {1}، پردازش تصویر {2} ، مبتنی بر **T5** {3}، شبیه‌سازی سوما {6}، سنسور بی‌سیم {7}، منطق فازی {5} و غیره استفاده می- کنند. اما سیستم حاضر پکیج کاملی را برای کنترل ترافیک همگام با مدیریت قوانین ترافیکی ارائه می‌دهد. چراکه سیستم مذکور قادر است تا با هوشمندی خود شرایط تصمیم‌گیری‌هایی را بر اساس حجم ترافیکی فراهم کند. هرگاه راننده‌ای نقض قانون کند، شماره پلاک خودرو مربوطه در اختیار مراجع ذیصلاح قرار می‌گیرد. خود راننده نیز از میزان جزئیات جریمه و نحوه نقض قوانین رانندگی مطلع می‌گردد.

اگرچه این پروژه بر موقعیت‌های واقعی متمرکز است، اما به عنوان یک نمونه‌ی اولیه نشان داده شده است. تمام تجهیزات با توجه به نسبت هزینه به عملکرد انتخاب می‌شوند. همه تلاش‌ها برای حفظ بودجه این پروژه در محدوده در دسترس انجام شده است. تمام پروتکل‌های ایمنی رعایت شده است. هنگامی که یک راننده قوانین راهنمایی و رانندگی را نقض می‌کند، سیستم از طریق پروتکل **MQTT** پیام‌هایی را برای مقامات قانونی و مجری و راننده ارسال می‌کند. اما به دلیل عدم وجود سیستم سرور، از اسناد پلاک خودرو پایگاه داده نمی‌سازد. برای دستیابی به اهداف یادگیری ماشینی، به جای **YOLO** از الگوریتم **SSD** استفاده شده است. از آنجایی که **NVIDIA Jetson Nano** یک کامپیوتر کوچک **AI** است، فقط می‌تواند از چهار رشته استفاده کند. اگر از الگوریتم **YOLO** استفاده شده و سرور نصب شود، سیستم به کندی اجرا می‌شود. بنابراین صلاحیت سیستم از بین خواهد رفت.

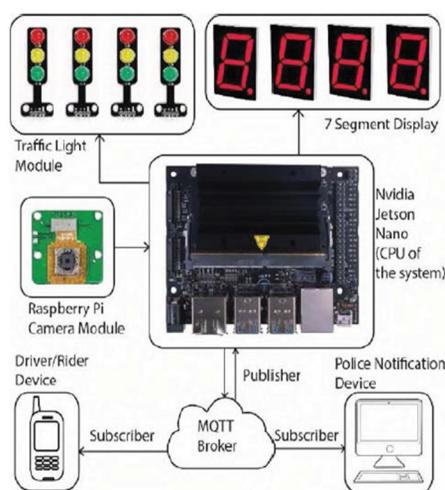
از آنجایی که این سیستم در فضای باز نصب خواهد شد، دوام آن در اولویت اول قرار گرفت. این سیستم با در نظر گرفتن قابلیت ارتفاع در آینده طراحی شده است.

این سیستم، یک سیستم کنترل ترافیک پیشرفته متشکل از AI، یادگیری ماشین، پردازش تصویر و IoT را پیشنهاد می‌کند. این سیستم با اولویت‌بندی حجم ترافیکی و همچنین در نظر گرفتن راه حلی برای جلوگیری از نقض قوانین، مجموعه‌ای از یک شبکه مدیریتی نرم ترافیکی و هوشمند ارائه می‌دهد.



شکل 1- طراحی ساختار جاده‌ی ترافیکی

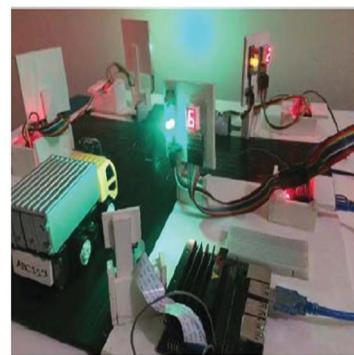
این پروژه بمنظور تصویرسازی یک چهارراه ساختاربندی شده است (شکل 1). یک دوربین Pi بر روی هر یک از 4 مسیر تعییه شده تا ترافیک واقعی را تحت نظر بگیرد و از شماره پلاک اتومبیل‌ها عکس‌برداری کند (شکل 2).



شکل 2- دیاگرام بلوکی پردازش سیستم



شکل 3- تشخیص جسم با استفاده از الگوریتم SSD



شکل 4- سیستم پردازشی

رايانه‌ی NVIDIA Jetson Nano، اطلاعات دوربین را به عنوان ورودی دریافت می‌کند (شکل 2). تشخیص جسم توسط الگوریتم SSD در واحد پردازش صورت می‌گیرد (شکل 3). یک مازول ترافیکی با صفحه نمایش 7 قسمتی بر سر هر جاده قرار گرفته است (شکل 4). برای شرایط ترافیکی متفاوت، واحد پردازش نورهای مختلفی را به مازول ترافیکی ارسال می‌کند. صفحه نمایش هفت قسمتی زمان را به عنوان شمارنده نشان می‌دهد. اگر در حین نورهای قرمز اتومبیلی از جاده عبور کند، دوربین شماره‌ی پلاک را ضبط می‌کند. تصویر گرفته شده از شماره پلاک از طریق الگوریتم تشخیص آستانه تجاوز از سرعت تحلیل شده و بنابراین شخصیت حقیقی مربوط به پلاک، توسط سیستم تشخیص داده می‌شود. سپس شماره پلاک خودرو به نیروی انتظامی ارسال و برای متخلف از قاعده پیغام تاییدیه با ذکر میزان جریمه از طریق MQTT2 (انتقال دورسنجی در صف پیام) ارسال خواهد شد.

Message Queuing Telemetry Transport²

تکنیک تشخیص

الگوریتم جریان‌ساز عمیق **NVIDIA** در این طرح به منظور یادگیری ماشینی استفاده شده است. الگوریتم‌های جریان‌ساز عمیق، الگوریتم اصطلاحاً خط‌لوله‌ای³ و بسیاری موارد دیگر برای این پروژه سفارشی‌سازی شده‌اند. الگوریتم جریان‌ساز عمیق دارای بسیاری از خطوط لوله با عنوان **GStreamer** است. این خطوط پلاگین⁴‌هایی هستند که در این پروژه سفارشی‌سازی شده‌اند. شکل 5 روند تشخیص را نشان می‌دهد.

الف. الگوریتم یادگیری ماشینی

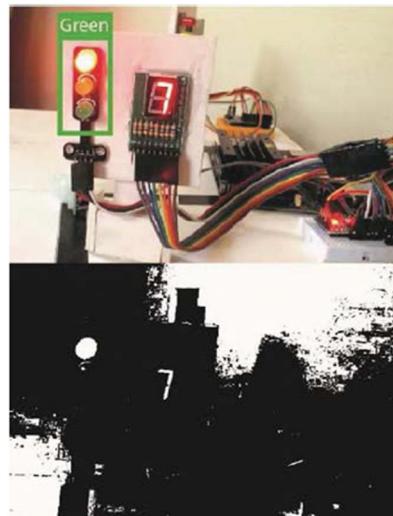
این سیستم ورودی ویدیویی به هنگام را از دوربین **Pi** می‌گیرد. سپس ویدیو رمزگشایی می‌شود. در این فرآیند داده‌های ورودی در پردازش تصویری مقیاس‌بندی، انحراف‌زدایی و برش داده می‌شوند. در فرآیند دسته‌بندی داده برای جریان‌سازی آماده می‌شود. سپس شیء موردنظر تشخیص داده شده و در فرآیند **DNN** طبقه‌بندی می‌شود. این فرآیند بسیار مهم است زیرا در طی آن مدل‌های خودرو، رنگ، پلاک و علائم جاده طبقه‌بندی می‌شوند. سپس در نهایت داده‌های ورودی برای تجسم آماده می‌شود. خط لوله **GStreamer** برای تشخیص در جریان‌سازی عمیق استفاده شده است. خط لوله در شکل 5 نشان داده شده است.

پلاگین **gst-streammux** برای رمزگشایی داده‌های ورودی و پلاگین **gst-uridecode** برای تجمیع و دسته-بندی جریان‌های ویدئویی استفاده شده است. پلاگین **gst-nvtracker** برای اجرای فرآیند از طریق **CPU** از **GstBuffer** استفاده می‌کند. این پلاگین ورودی دسته‌ای **Kanade Lucas Tomasi (KLT)** الگوریتم ردیاب را در مسیر شیء در هر استریم (جریان) به طور جداگانه مدیریت را از طریق **nvstreammeta** می‌پذیرد و آن‌ها را در مسیر شیء در هر استریم (جریان) به طور جداگانه مدیریت کرده، روی **CPU** اجرا کرده و پس از افزودن پلاگین **nvstream-demux** نتیجه جداگانه‌ای دریافت می‌کند. جدول 2 پلاگین موردنظر و کاربرد آن را نشان می‌دهد.

ب. پردازش تصویر در زمان واقعی

Pipelines³
افزونه⁴

مدل‌های SSD (Single Shot Multibox Detector) و Resnet10 برای تشخیص مدل در این پروژه آموزش دیده‌اند. مدل آموزش‌دیده تعداد وسایل نقلیه را شناسایی کرده و تراکم جاده را اندازه‌گیری می‌کند. سپس با توجه به چگالی، از طریق پین‌های O/I به چراغ راهنمایی و سیگنال‌های هفت بخش فرمان می‌دهد.



شکل 6. مقیاس بندی تصویر این سیستم

در بخش پردازش تصویر، سیستم تصویر ورودی را به یک تصویر در مقیاس خاکستری تبدیل کرد. سپس مدل آموزش‌دیده اشیاء را تشخیص می‌دهد. [شکل 6] تبدیل تصویر را نشان می‌دهد.

ج. معادلات انتخاب جعبه محدود گشته

بیایید B را مجموعه جعبه مرزی (b-box) در نظر بگیریم، مجموعه C_i ، اطمینان جعبه b ith است، عبارت برابر است [4]، با،

$$box = B_{argmax} C_i \quad (1)$$

$$box = \frac{\sum_{i=1}^n w_i + B_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2)$$

$$w_i = C_i * iou (B_i, B_{argmax} C_i) \quad (3)$$

که در آن، n عدد (تعداد) جعبه مرزی است.

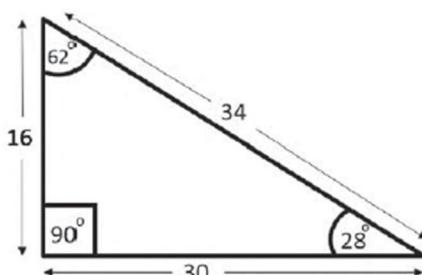
سیستم مدیریت چراغ راهنمایی هوشمند

برای راحتی و ایمنی عابران پیاده، انشعابات چراغ راهنمایی باید مغز متفکر و مطابق با معیارها باشد. انواع مختلفی از سیستم‌های کنترلی برای اجرای سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند استفاده می‌شود.

الف. محاسبه قرار دادن دوربین

محل قرارگیری دوربین برای گرفتن تصویر بهتر بسیار مهم است. اگر دوربین در ارتفاع کامل با زاویه نصب شده باشد که پوشش بهتری را تضمین کند، دقت بالایی برای تشخیص ایجاد می‌کند.

این سیستم به عنوان نمونه‌ی اولیه آزمایش می‌شود. بنابراین، تمام زیرساخت‌ها توسط ورق PVC و تراکم وسیله نقلیه ایجاد شده توسط ماشین‌های اسباب بازی ساخته شده است. این دوربین در ارتفاع 16 سانتی‌متری از سطح زمین قرار گرفته و با زاویه 62 درجه نسبت به پایه دوربین نصب می‌شود.



$$\text{Base Angle} = 28^\circ, \text{ Rise} = 16$$

$$\text{So, Base} = \frac{16}{\tan(28^\circ)}$$

$$\begin{aligned}\text{Top angle} &= (90^\circ - 28^\circ) \\ &= 62^\circ\end{aligned}$$

$$\text{Diagonal} = \frac{16}{\sin(28^\circ)}$$

در این نمونه‌ی اولیه، جاده را می‌توان با استفاده از دوربین Raspberry Pi به طول ۱۶ سانتی‌متر پوشش داد و همچنین هر جاده دارای ۲ لاین است. بنابراین، $\frac{18}{2} = 9$ ماشین تراکم بالای این مدل نمونه‌ی اولیه است.

ب. سیستم مدیریت کنترل چراغ راهنمایی

این سیستم با یک اتصال چهارطرفه آزمایش شد. دوربین رزبری‌پای در هر یک از جاده‌ها نصب شده است. بنابراین، تراکم وسایل نقلیه در هر جاده قابل نظارت است. این سیستم تراکم خودرو را در سه موقعیت طبقه‌بندی کرد. چگالی بالا، چگالی متوسط و چگالی کم. این سیستم از یک نمایشگر آند هفت بخش برای شمارش زمان استفاده می‌کند. صفحه نمایش را می‌توان از صفر (۰-> کم) تا نه (۹-> بالا) شمارش کرد. در این نمونه اولیه، ۹ ماشین اسباب‌بازی برای اندازه‌گیری تراکم ترافیک استفاده شده است.

شرط سه حالته تعداد خودروها n برابر است با،

$$\text{High-density} = 7 \leq n \geq 9$$

$$\text{Medium-density} = 4 \leq n \geq 6$$

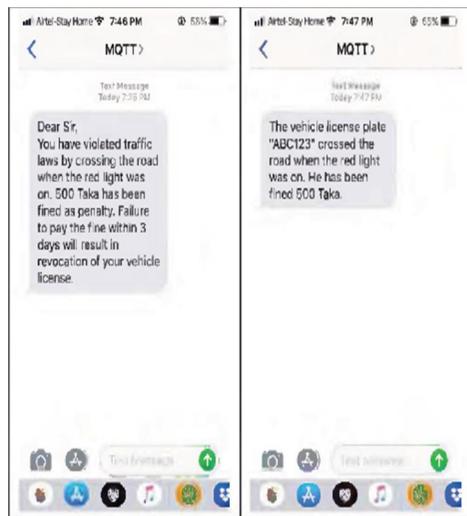
$$\text{Low-density} = 3 \leq n$$

در جدول ۱ اولین حالت چگالی بالا است. اگر تراکم ترافیک خیلی زیاد باشد، چراغ زرد به مدت ۵ ثانیه روشن می‌شود و سپس چراغ سبز دو بار به مدت ۹ ثانیه روشن می‌شود. در حالت تراکم متوسط ابتدا چراغ زرد به مدت ۵ ثانیه و سپس چراغ سبز به مدت ۹ ثانیه روشن می‌شود. آخرین حالت چگالی کم است. اگر تراکم ترافیک کم باشد، چراغ زرد به مدت ۵ ثانیه روشن می‌شود و سپس چراغ قرمز تا زمانی که شرایط تراکم بالا یا تراکم متوسط کامل شود، روشن می‌شود.

ج. پروتکل پیام رسانی

در این نمونه‌ی اولیه برای رویکردهای پیام‌رسانی، از کارگزار MQTT استفاده شده است. هنگامی که خودرویی قوانین چراغ‌راهنمایی را نقض می‌کند، سیستم پلاک آن خودروها را تشخیص می‌دهد. متخلف یک پیام هشدار شامل جریمه دریافت می‌کند و پلیس این پیام شماره پلاک را با کمک پروتکل MQTT دریافت می‌کند. برای آزمایش پیام-

رسانی این نمونه‌ی اولیه، یک پلاک خودرو "ABC123" نوشته شده است. ماشین در حالی که چراغ قرمز چراغ راهنمایی روشن است از جاده عبور می‌کند. سیستم شماره پلاک و چراغ راهنمایی را شناسایی کرد [شکل 3]. هنگامی که سیستم پلاک خودرو را شناسایی کرد، فرآیند پروتکل پیام‌رسانی (MQTT) برای ارسال پیام در دو پورت آغاز می‌شود.



شکل 7. پیام مشترک

اولین پورت برای پیام هشدار به متخلص و پورت دوم برای پیام شماره پلاک به پلیس روشن است [شکل 7]. NVIDIA Jetson Nano به عنوان ناشر در کارگزار MQTT و دستگاه کاربر و دستگاه پلیس به عنوان مشترک کار کرده است.

برای اولین بار، یک سیستم کنترل ترافیک هوشمند با استفاده از NVIDIA Jetson Nano ساخته شده است. این سیستم از نظر مدیریت تراکم ترافیک به موفقیت چشمگیری دست یافته است. این سیستم 97 درصد موفقیت را نشان داده است. میزان موفقیت برای پردازش تصویر 90٪ بود. این یک نتیجه بسیار خوب برای تشخیص ایجاد است. در آینده روی افزودن یک سرور با این سیستم کار می‌شود و پایگاه داده مبتنی بر ابر برای شماره پلاک خواهد شد. NVIDIA Jetson AGX Xavier در اولویت قرار دارد. بنابراین، تمام ویژگی‌های اضافی به آرامی اجرا می‌شوند و پردازش تصویر واقعی‌تر خواهد بود.

حوزه بهداشت و سلامت

یکی دیگر از کاربردهای اینترنت اشیا بهمنظور مراقبت از افراد ایجاد گردیده که امکان نظارت بر افراد بیمار و سالمند را در خانه برای پزشکان و پرستاران فراهم می‌آورد. درنتیجه این امر، هزینه‌های مربوط به بیمارستان با مداخله زودهنگام و درمان سریع، کاهش چشمگیری خواهد داشت که در اصطلاح جدید به آن سلامتی بر مبنای اینترنت اشیا (Health IoT) می‌گویند.

Vesta، یک پلت فرم سلامت دیجیتال متشكل از یک خانه هوشمند در یک جعبه برای جمع‌آوری داده‌ها و یک سیستم تحلیلی مبتنی بر یادگیری ماشین برای استخراج شاخص‌های سلامت با استفاده از تشخیص فعالیت، تجزیه و تحلیل خواب و محلی‌سازی داخلی را ارائه می‌کند. این سیستم به عنوان بخشی از پروژه EurValve در خانه‌های 40 بیمار تحت درمان دریچه قلب در انگلستان (بریتانیا) مستقر شده است و سلامت و رفاه بیماران را قبل و بعد از عمل اندازه گیری می‌کند. در این کار گروهی متشكل از 20 بیمار مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند و 2 بیمار به عنوان نمونه مطالعات موردنی به تفصیل تجزیه و تحلیل می‌شوند. یک ارزیابی کمی از پلتفرم با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از بیمار، و همچنین مقایسه با استفاده از معیارهای استاندارد شده پیامد گزارش شده بیمار (PROMs) که معمولاً در بیمارستان‌ها استفاده می‌شوند، و یک نظرسنجی سفارشی ارائه می‌شود. نشان داده شده است که چگونه پلتفرم وستا در خانه در همه جا می‌تواند اعتماد بالینی را در بازخورد خود گزارش شده بیمار افزایش دهد. وستا با نشان دادن مناسب بودن خود برای مطالعات سلامت دیجیتال، بینش عمیق تری در مورد سلامت، رفاه و بهبودی بیماران در خانه آنها ارائه می‌دهد.

چالش مهمی که امروزه جامعه با آن مواجه است این است که چگونه بهتر شویم. استفاده از فناوری برای بهبود زندگی یکی از این روش‌ها است استفاده از فناوری‌های حسگر و اینترنت اشیا (IoT) به نظارت بر سلامت و رفاه زندگی با کمک محیط (AAL) است پروژه‌های وسیع و اخیری مانند [1] SPHERE که راه حل‌هایی برای مراقبت‌های بهداشتی در محیط خانه هوشمند را توسعه داده است این معمولاً شامل تعداد بی شماری از سنسورها و دوربین‌های فیلمبرداری و دستگاه‌های پوشیدنی، تا سنسورهای تشخیص و انرژی که در خانه استقرار یافته اند سنسورها دیگر که فعالیت کامپیوتر، مصرف دارو و همچنین رانندگی وسیله نقلیه [2] را شامل می‌شود. مزایای این سیستم‌ها برای مراقبت‌های بهداشتی واضح هستند [3،4]. با این حال، با چنین سیستم‌هایی، نصب و راه اندازی و هزینه‌بهی اهمیت است؛ مقیاس بندی چنین سیستم‌هایی برای تعداد زیادی از افراد سریع و کارآمد همچنان یک چالش است [5].

به عنوان بخشی از پروژه [EurValve 6] توسعه یافت. یکی از اهداف پروژه سنجش سلامت، کیفیت زندگی است

و بهبود بیماران تحت درمان دریچه قلب در مراحل مختلف درمان می باشد . سیستم مطلوب سیستمی است که خود راه انداز و مقرن به صرفه و داده ها را دقیق اندازه گیری کند بنابراین، یک خانه هوشمند در یک جعبه با در نظر گرفتن این محدودیت ها ایجاد شد خانه هوشمند در جعبه یک سیستم ناظر بر سلامت خانه است که به راحتی قابل نصب است که داده های حسگر را از محیط جمع آوری می کند، اما با کسری از هزینه های استقرار، سنجش و نگهداری سیستم های قابل مقایسه. سهولت نصب خانه هوشمند در جعبه به دلایل بسیاری در پروژه EurValve بسیار مهم است. ابتدا طی یک مشاوره بالینی خانه هوشمند در جعبه به بیمار داده می شود. سپس از بیمار انتظار می رود که خانه هوشمند را در جعبه ای به خانه بیاورد و بدون هیچ کمک دیگری از پزشک خود آن را راه اندازی کند.

ثانیاً، جمعیت شناسی بیماران احتمالاً از نظر سلامت ضعیف و غیر فنی است. پس از استقرار، در نظر گرفته شده است که سیستم بدون نیاز به تعمیر و نگهداری باشد، که با داشتن سنسورهای کمتر کمک می کند و احتمال مشکلات فنی و خرابی را کاهش می دهد. حسگر اولیه در خانه هوشمند در جعبه، یک پوشیدنی مج دست است که حاوی یک شتاب سنج سه محوری است که به چهار دروازه متصل می شود که در اطراف خانه قرار گرفته اند. شتاب سنج ها شتاب را در امتداد جهت های x ، y و z اندازه گیری می کنند و در نتیجه بینشی از فعالیت های شخصی که دستگاه را می پوشد، ارائه می دهند. هر دروازه زمانی که داده ها را از ابزار پوشیدنی دریافت می کند، مقادیر نشانگر قدرت سیگنال دریافتنی (RSSI) را ثبت می کند. این می تواند به عنوان تخمینی از مکان پوشیدنی و در نتیجه فرد در خانه خود استفاده شود [7]. یک روتور با پیکربندی خودکار نیز ارائه شده است که به طور ایمن داده های حسگر را برای تجزیه و تحلیل به یک سرور راه دور منتقل می کند. از آنجایی که خانه هوشمند در یک جعبه دائمًا زمانی که بیمار در خانه است حس می کند، مقدار زیادی داده جمع آوری می شود. برای اینکه یک متخصص مراقبت های بهداشتی از این داده ها استفاده کند، یک پلت فرم تحلیلی ایجاد شد که از یادگیری ماشینی برای کمک به اندازه گیری رفاه بیمار استفاده می کند. این از طریق شناسایی فعالیت ها در داده ها، ردیابی مدام بیمار در خانه و همچنین اندازه گیری کمیت و کیفیت خواب آنها به دست می آید. این پلت فرم از تجسم های بسیاری برای کمک به درک داده ها از طریق شاخص های سلامت پشتیبانی می کند به عنوان بخشی از این پروژه، 40 بیمار تحت درمان دریچه قلب انتخاب

شدند. برای هر بیمار استخدام شده، سطح فعالیت آنها با استفاده از این پلت فرم در محیط خانه آنها اندازه گیری می شود. به منظور به دست آوردن بینش کمی بیشتر در مورد سلامت بیماران تحت درمان های دریچه قلب، این در سه مرحله مراقبت از آنها اندازه گیری می شود. مرحله اول برای دو هفته قبل از عمل، مرحله دوم به مدت دو هفته پلافارسله پس از عمل و مرحله نهایی 12 تا 16 هفته بعد از عمل انجام می شود. هر یک از سه مرحله حدود دو هفته داده جمع آوری می کند. در سراسر این متن به مراحل قبل از عمل، پس از عمل و دوره پیگیری اشاره خواهد شد. بنابراین در مجموع، هدف جمع آوری شش هفته داده های خانگی برای هر بیمار است. در طی این مراحل به بیماران آموزش داده می شود که تا حد امکان از پوشیدنی مبتنی بر مج استفاده کنند، به جز هنگام حمام کردن، زمانی که پیشنهاد می شود می توانند دستگاه را دوباره شارژ کنند. این منجر به جمع آوری حجم عظیمی از داده های حسگر برای هر بیمار در مورد نکات کلیدی مراقبت از آنها می شود. تأییدیه اخلاقی برای مطالعه توسط کمیته اخلاق تحقیقاتی (REC) تحت مرجع LO/0283/17 NHS اعطا شد.

آثار اصلی این اثر به شرح زیر است:

یک پلت فرم سرتاسر برای مطالعات سلامت دیجیتال پیشنهاد شده است که شامل هزینه کمتر، استفاده آسان خانه هوشمند در یک جعبه و یک سیستم تجزیه و تحلیل داده ها برای تجزیه و تحلیل و تجسم شاخص های سلامت به دست آمده از داده ها است. این پلت فرم به گونه ای طراحی شده است که بیماران می توانند سیستم را در مدت 30 دقیقه با استفاده از روش استقرار ساده مستقر کرده و بلافاصله جمع آوری داده ها را آغاز کنند.

این پلت فرم در خانه های بیماران مستقر شده است، آنها را قبل و بعد از درمان دریچه قلب تحت نظر دارد، توانایی در استنباط شاخص های مربوط به سلامت و رفاه و تجسم آنها را به روشنی مناسب نشان می دهد. این بینشی Vesta را در مورد بیبودی بیماران آشکار می کند که در غیر این صورت با استفاده از اقدامات بالینی رایج فعلی، مانند نظرسنجی های اندازه گیری پیامد گزارش شده از بیمار (PROM) و آزمایش های معمولی که در بیمارستان ها انجام می شود، مانند تست پیاده روی 6 دقیقه ای، امکان پذیر نیست.

تجزیه و تحلیل بیست بیمار مداخله ارائه شده است، روندهای شاخص سلامت را در طول مداخله آنها تجزیه و تحلیل می کند، و همچنین دو مطالعه موردي عمیق بیمار را بررسی می کند. تجزیه و تحلیل کوهورت بزرگتر روند شاخص سلامت هر بیمار را در هر مرحله از درمان نشان می دهد و شاخص های بهداشتی مانند مدت زمان خارج از منزل،

تحرک داخل خانه و کیفیت خواب را نشان می دهد. علاوه بر این، مطالعات موردنی فردی دو پیامد متفاوت را برای بیماران و نحوه دریافت وستا از این موضوع را نشان می دهد.

نتایج به صورت خارجی با هر دو نظرسنجی استاندارد و همچنین یک نظرسنجی سفارشی که توسط بیماران تکمیل شده است تأیید می شود. در حالی که این نظرسنجی ها به دلیل ذهنی بودن یا غیر فراگیر بودن آنها محدود می شود، آنها به عنوان یک روش معتبر بالینی برای ارزیابی نتایج عمل می کنند. با استفاده از این موارد به عنوان حقیقت اصلی نتایج بیمار، عملکرد وستا اندازه گیری می شود و پتانسیل استفاده از یک پلت فرم نظارت بر سلامت خانه فراگیر را برای تقویت اقدامات بالینی فعلی نشان می دهد.

مشابه ترین سیستم ها سیستم های مرکز مطالعات پیشرفته در سیستم های تطبیقی (CASAS) هستند [8,25]. در حالی که در سیستم مشابه دارای سنسورهای بسیار بیشتری نسبت به سیستم ارائه شده است و نصب آن به زمان بیشتری نیاز دارد. سیستم CASAS مستقر در [8] شامل بین 8 تا 18 حسگر، از جمله حسگرهای حرکت، دما و درب و یک رله و سرور بود. آنها به این نتیجه رسیدند که نصب این سیستم برای شرکت کنندگان خیلی آسان میباشد. این درجه ای از اعتبار سنجی سهولت نصب سیستم ما را که از سنسورهای بسیار کمتری تشکیل شده است، فراهم می کند. از نظر هزینه، سیستم ما متشکل از یک شتاب سنج مچی، چهار Raspberry Pis (به عنوان دروازه) و یک روتور G4 است، بنابراین ما انتظار داریم هزینه کمتری نسبت به حسگرهای رله ها و سرورهای بسیار بیشتر سیستم CASAS داشته باشیم. راه اندازی خانه هوشمند Vesta در یک جعبه، از جمله مرحله کالیبراسیون، حدود 20 تا 30 دقیقه طول می کشد و به طور خاص برای مطالعات سلامت دیجیتال با بازخورد و ورودی پزشکان، و اصلاح بر اساس بازخورد بیمار طراحی شده است. با این وجود، بدون محدودیت های کم هزینه و به راحتی قابل استقرار، تعدادی پروژه در جهت استقرار فناوری های سنجش اینترنت اشیا در محیط خانه و به ویژه برای سلامت دیجیتال کار می کنند.

مسلماً قابل توجه ترین سیستم، پروژه SPHERE [1] است که هدف آن جمع آوری حداکثر یک سال داده از 100 خانه مختلف است و شامل تعداد زیادی حسگر مختلف است که روش های بسیاری را در یک محیط خانه ثبت می کند. در واقع، این سیستم در یک مطالعه مراقبت های بهداشتی، به عنوان بخشی از پروژه HEmiSPHERE، بر روی بیمارانی که تحت تعویض مفصل ران و زانو قرار می گیرند، به کار گرفته شده است [26,27]. مقاله پروتکل سیستم HEmiSPHERE بیان می کند که هدف استقرار سیستم 30 خانه است، 10 کمتر از تعداد خانه هایی که داده ها را

از آنها جمع آوری کردیم. با این حال، یک تفاوت کلیدی این است که سیستم **HEmiSPHERE** حاوی حسگرهای زیادی است، بنابراین هزینه را افزایش می دهد و نیاز به تکنسین ها برای نصب سیستم دارد، بنابراین بر سهولت استقرار تأثیر می گذارد. فناوری **AAL** در خانه های بیماران با رضایت کامل مستقر گردید. هنگامی که در تحقیقات یا مطالعات بالینی استفاده می شود، چنین سیستم هایی می توانند اطلاعات حساس مربوط به فعالیت های زندگی روزمره (مانند الگوهای خواب، الگوهای حرکت، زمان صرف شده در خارج از خانه) را جمع آوری کنند. بنابراین، رضایت مستمر و آگاهانه از چنین سیستم هایی و همچنین اعتماد به سیستم و محققین برای ایمن، امن و ناشناس نگهداشت داده های خود در طول انتقال و ذخیره سازی مورد نیاز است [29,21].

محققان همچنین تأثیر سیستم های فناوری اطلاعات را بر سلامت بیمار و تغییر رفتار مطالعه کرده اند که نشان می دهد معمولاً تأثیر مثبتی بر رفتار بیمار دارند [30]. اگرچه مثبت است، اما با این وجود یک فناوری نظارت خانگی در مطالعات پزشکی ممکن است بر تغییر رفتار بیماران تأثیر بگذارد [31].

مقررین به صرفه بودن نیز یک نگرانی است زیرا فناوری خانه هوشمند دارای هزینه مالی ذاتی است و بنابراین می تواند بر بهینه سازی سلامت تأثیر بگذارد [28]، با سیستم هایی که از آنهایی که نیاز به نصب حرفه ای و حسگرهای زیادی دارند [1] تا آنچه ما پیشنهاد می کنیم، خانه هوشمند در جعبه ای که دارای حسگرهای بسیار کمتری است، نسبت به سیستم های خانه هوشمند مشابه قابل نصب و مقررین به صرفه تر است.

اما در اصل طراحی خانه هوشمند **EurValve** در جعبه این بود که یک خانه هوشمند با صرفه جویی در مصرف انرژی و کم هزینه در یک جعبه باشد که با سهولت استفاده ساخته شده باشد.

مج بند الکترونیکی [32] از یک پردازنده/رادیو، شتاب سنج، فلاش خارجی و یک باتری تشکیل شده است. این مج بند الکترونیکی از پردازنده سیستم روی تراشه **CC2650** با رادیو بلوتوث کم انرژی (BLE) یکپارچه استفاده می کند. این مج بند الکترونیکی نرم افزار سفارشی را اجرا می کند که با استفاده از یک سیستم عامل زمان واقعی تعییه شده است. این ابزار پوشیدنی 5 نمونه شتاب سنج را در مدت زمان 200 میلی ثانیه (یعنی یک نمونه در هر 40 میلی ثانیه) می گیرد و نمونه ها را در محموله یک بسته تبلیغاتی BLE ارسال می کند. بنابراین در هر ثانیه 5 بسته که هر کدام 20 بایت هستند حاوی 5 نمونه سه محوری و یک شماره ترتیبی هستند. برای صرفه جویی در انرژی، **SoC** بین نمونه برداری از شتاب سنج وارد حالت کم مصرف می شود و تنها در هنگام ارسال وارد حالت توان کامل می

شود. بسته‌های ارسالی حاوی یک عدد دنباله‌ای یکنواخت در حال افزایش (هر بار که چکمه‌های پوشیدنی از صفر شروع می‌شود) و سطح باتری تخمین زده می‌شود. در مج‌بند الکترونیکی از شتاب سنج ADXL362 برای پیکربندی استفاده می‌کند. تا 25 نمونه در ثانیه بگیرد که هر نمونه 8 ± 4 گرم است. این کار برای هر محور x, y و z انجام می‌شود. نشان داده شده است که این ابزار پوشیدنی تقریباً 21 روز بدون شارژ مجدد دوام می‌آورد [6]، که به طور قابل توجهی بیشتر از هر مرحله 2 هفته‌ای **EurValve** است.

که مجهز به رادیو BLE سازگار است به عنوان دروازه ایستا استفاده می‌شود. نرم افزاری برای Raspberry Pis دریافت بسته‌های خام BLE از رادیو و ضبط RSSI توسعه داده شد. بسته تجزیه می‌شود و شماره دنباله، نمونه‌های شتاب سنج، RSSI و سطح باتری به همراه یک مهر زمانی که هنگام دریافت بسته ثبت می‌شود در یک فایل ذخیره می‌شود. دروازه‌ها به گونه‌ای پیکربندی شده‌اند که از سرورهای رایج پروتکل زمان شبکه (NTP) برای به دست آوردن زمان خود و در نتیجه همگام نگه داشتن بسته‌ها استفاده کننداین مهر زمانی همراه با شماره توالی بسته، به داده‌های هر یک از دروازه‌ها اجازه می‌دهد تا تراز شوند. روتر به عنوان یک نقطه دسترسی WiFi برای دروازه‌ها عمل می‌کند و یک پیوند شبکه تلفن همراه را که توسط یک سیم کارت حامل ملی سازگار کنترل می‌شود، ارائه می‌دهد و انتقال امن داده‌ها از خانه بیماران به یک سرور راه دور را تسهیل می‌کند.

منابع اولیه داده‌ها اطلاعات شتابی هستند که از دستگاه پوشیدنی (برای تشخیص فعالیت و کیفیت خواب) و مقادیر RSSI جمع‌آوری شده از هر یک از دروازه‌ها (برای محلی‌سازی فضای داخلی) بدست می‌آیند. برای نمونه‌هایی از هر کدام به ترتیب به جداول 1 و 2 مراجعه کنید

به طور کلی این نوع مجموعه داده‌ها ماهیت ناهمگن و پیچیده‌ای دارند. آنها از فرمت‌ها و نمایش‌های داده متفاوتی تشکیل شده‌اند که دلیل آن تفاوت در نحوه ثبت داده‌های پوشیدنی و همچنین داده‌هایی است که آنها ضبط می‌کنند. برای نمایش داده‌های شتاب‌سنج، که بعداً برای تشخیص فعالیت و تحلیل خواب مورد استفاده قرار گرفت، از کمترین نمایش رایج استفاده می‌شود، یعنی مهر زمانی t و به دنبال آن مقادیر x, y و z برای این دوره زمانی. برای محلی‌سازی، قالب انتظار دارد یک مهر زمانی t به دنبال آن یک مقدار RSSI برای هر دروازه وجود داشته باشد. اگر مجموعه داده برای آموزش باشد، برچسب نیز مجاز است. در غیر این صورت، انتظار می‌رود که داده‌های جمع‌آوری شده از دستگاه‌های دیگر را بتوان به این فرمت تبدیل کرد و در نتیجه یک نمایش مشترک، ساده و قابل فهم ارائه کرد.

بنابراین، برای استفاده از داده‌های دستگاه‌های مختلف با **Vesta**، فقط باید مجموعه داده‌های خاص را به این نمایش

استاندارد تبدیل کرد

در محیط‌هایی که چندین دروازه وجود دارد، مانند خانه هوشمند در یک جعبه در این پلت فرم، شماره توالی یکنواخت هر بسته ارسال شده از پوشیدنی و دریافت شده در دروازه به عنوان یک شناسه برای ادغام بسته‌ها از دروازه‌های متعدد استفاده می‌شود. باید توجه داشت که از آنجایی که ابزار پوشیدنی در حال حاضر زمان خود را حفظ نمی‌کند، و زمان ممکن است در دروازه‌هایی که بسته‌ها در آن ثبت می‌شوند، تغییر کند. این، همراه با این واقعیت که ممکن است شماره دنباله در سناریوهای مختلف به صفر بازنشانی شود، می‌تواند منجر به مواردی شود که شماره دنباله ممکن است منحصر به فرد نباشد، جایی که هر دروازه بسته‌ای را با همان شماره دنباله در مُهرهای زمانی مختلف t ثبت می‌کند. بنابراین، محدودیتی بر ادغام اعداد دنباله‌ای اعمال می‌شود. فقط جفت مهر زمان و شماره دنباله که در آن شماره دنباله یکسان است و تفاوت در مُهرهای زمانی بیشتر از 30 دقیقه نباشد ادغام می‌شوند. در چنین مواردی، مُهر زمانی قبلی به عنوان مُهره معتبر انتخاب می‌شود. از دست دادن مقادیر RSSI برای یک ثانیه مشخص نشان می‌دهد که هیچ دروازه‌ای در محدوده قرار ندارد، و بنابراین مقدار گمشده 120 دسیبل به جای آن استفاده می‌شود، که اگر در محدوده یک دروازه باشد، این مقدار ممکن نیست. دوره‌های زمانی که بیمار از مج بند استفاده نمی‌کند، با اندازه‌گیری انحراف استاندارد در شتاب در بلوک‌های 30 دقیقه‌ای از زمان حذف می‌شوند. اگر انحراف استاندارد هر دو محور کمتر از 1.8 میلی‌گرم باشد، آن بلوک زمانی از تجزیه و تحلیل حذف می‌شود. علاوه بر این، روزهایی که بیمار کمتر از 10 ساعت را در خانه خود سپری کرده بود، حذف شدند. هیچ مجموعه استانداردی از شاخص‌ها وجود ندارد که به طور منحصر به فرد سلامت یا رفاه بیمار را اندازه‌گیری کند. در حالی که این پلتفرم در چارچوب یک مطالعه خاص، با یک جمعیت بالینی خاص ارزیابی می‌شود، پیش‌بینی می‌شود که می‌تواند برای طیف وسیعی از وظایف دیگر در حوزه وسیع تر سلامت دیجیتال مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین انتخاب شاخص‌های سلامت محاسبه شده از داده‌ها باید ثابت باشد، بلکه به راحتی قابل تمدید باشد. برای مثال، با دسترسی به شتاب‌سنج پوشیدنی و اطلاعات مکان‌یابی، می‌توان سرعت بیماران را که با آن از پله‌ها بالا می‌روند اندازه‌گیری کرد. شاخص‌های سلامتی را می‌توان با استفاده از حسگرهای اضافی، مانند یک حسگر مبتنی بر ویدئو که می‌تواند تغییرات در حرکت نشستن به ایستادن بیماران را پس از تعویض مفصل ران یا زانو اندازه‌گیری کند، گسترش

یابد [35]. برای اهداف این مطالعه، شاخص‌های سلامت بالینی جالب اندازه‌گیری شده در بیماران تحت درمان دریچه

قلب، که پس از مشاوره با پزشکان انتخاب شدند، عبارتند از:

- مدت زمان راه رفتن در مراحل مختلف مراقبت از آنها سپری شد.

- مدت زمان صرف شده در اتاق‌های مختلف و تعداد نقل و انتقالات بین اتاق‌ها.

- مدت زمان صرف شده در خارج از خانه.

- کیفیت و کمیت خواب.

هر شاخص سلامت در سه مرحله درمان مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت

یکی از جنبه‌های کلیدی **Vesta** توانایی نمایش دانش استخراج شده از داده‌ها به روشنی مفید برای پزشکان است. با

توجه به حجم زیادی از داده‌های حسگر که به طور مداوم توسط هر خانه هوشمند در یک جعبه، در هر خانه جمع

آوری می‌شود، این امر بسیار مهم است. تجسم مؤثر باید یک نمای کلی از الگوهای رفتاری کلیدی در سطوح مختلف

دانه بندی ارائه دهد. همانطور که بحث شد، انگیزه توسعه این پلت فرم پروژه **EurValve** است. به یاد داشته باشید

که این شامل نظارت فراغی بیمارانی است که تحت درمان دریچه قلب قبل از عمل، پس از عمل و یک دوره پیگیری

12 تا 16 هفته‌ای قرار می‌گیرند. با این حال، به دلیل فقدان حقیقت پایه، که جمع آوری آن تهاجمی و زمان بر است،

منبع اصلی اعتبارسنجی روش‌های ذهنی مانند اقدامات گزارش شده توسط بیمار در مورد سلامت و رفاه خود هستند.

آنها به شکل **PROM** هستند و یک بار قبل از عمل و یک بار بعد از عمل انجام می‌شوند. با این حال، این یک توجیه

قوی برای استفاده از **Vesta** است، که معیارهای طولی فراغی و کمی سلامت و رفاه را در دوره‌های زمانی قابل توجهی

ارائه می‌دهد. با این وجود، برای اعتبارسنجی خارجی عملکرد پلت فرم، هم از **PROM**‌ها و هم ورودی پزشک

استفاده می‌شود. در حالی که این پلت فرم به صورت گذشته نگر ارزیابی خواهد شد، کار آینده مطالعه خواهد کرد که

چگونه چنین سیستمی می‌تواند در یک سیستم پشتیبانی تصمیم استفاده شود

پرسشنامه سفارشی (SEQ) از تعدادی سؤال تشکیل شده است که سعی می‌کند اطلاعاتی

را در مورد زندگی روزمره خود گزارش شده در مورد بیمار تحت نظارت جمع آوری کند. این شامل سوالاتی است که به

طور خاص برای کمک به ارزیابی عملکرد پلت فرم طراحی شده است. تعدادی از این سوالات برای کمک به ارزیابی

پلت فرم پیشنهادی انتخاب شده اند.

به منظور اعتبارسنجی عملکرد تشخیص فعالیت، از پاسخ به سؤالاتی مانند چند ساعت تخمینی در هفته پیاده روی، باگبانی و ورزش استفاده می شود. پاسخ های احتمالی به این سؤال یا «هیچ کدام»، «کمتر از 1 ساعت» یا «1 ساعت یا بیشتر» است.

به منظور اعتبارسنجی تجزیه و تحلیل خواب، از پاسخ به سؤالی که از بیمار می خواهد زمان های معمول بیدار شدن و خوابیدن در هر روز را گزارش کند، استفاده می شود. علاوه بر این، از بیمار خواسته شد تا گزارش دهد که آیا، و اگر چنین است، چند بار در طول شب از خواب بیدار شده و بیدار می شود. پاسخ به این سوالات یا "هرگز یا به ندرت"، "گاهی" یا "بیشتر روزها یا هر روز" است پلتفرم جدید سلامت دیجیتال به نام **Vesta** یک پلتفرم کم هزینه تمام و کمال برای درمان است که بر فعالیت، سلامت و رفاه بیماران در محیط خانه‌شان نظارت می کند. خانه هوشمند این پلتفرم در یک جعبه به تفصیل مورد بحث قرار گرفت، از جمله اینکه چگونه طراحی شده است که نسبت به سیستم‌های مشابه هزینه کمتری داشته باشد و استفاده از آن آسان باشد، اما در جمع آوری داده‌های آن در همه جا حاضر باشد. مجموعه‌ای از داده‌های شتاب‌سنج از یک پوشیدنی مج‌بند، همراه با مقادیر RSSI در چهار نقطه در سرتاسر خانه، و نحوه جمع آوری مقدار زیادی از داده‌های با ارزش در خانه تشریح شد. سیستم تجزیه و تحلیل معرفی شد و نحوه استفاده از علم داده و یادگیری ماشین برای تشخیص فعالیت، محلی‌سازی فضای داخلی و تجزیه و تحلیل خواب برای تولید شاخص‌های سلامتی و سلامتی. سپس اینها تجسم می شوند و به دست آوردن بینش مفید از مقدار زیادی داده حسگر خام جمع آوری شده توسط خانه هوشمند در یک جعبه را تسهیل می کنند. در نهایت اثربخشی **Vesta** برای مطالعات سلامت دیجیتال بر روی یک گروه نمونه شامل 20 بیمار و همچنین دو مطالعه موردی دقیق از بیماران درمان دریچه قلب مورد ارزیابی قرار گرفت. در طی سه مرحله، یکی قبل و دو بعد از عمل، نشان داده شد که چگونه پلتفرم می تواند بینش‌های عمیق و سطح بالایی از فعالیت و رفتار بیماران در خانه‌شان ایجاد کند. با استفاده از تعدادی معیارهای مرتبط، از جمله سطوح فعالیت و کیفیت خواب، نتایج با PROM های بالینی استاندارد شده و یک نظرسنجی سفارشی تایید شد. پتانسیل پلت فرم پیشنهادی، برای تقویت اقدامات بالینی فعلی با اندازه‌گیری‌های کمی سلامت از نظارت فراگیر در خانه، در مطالعات سلامت دیجیتال نشان داده شده است.

سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی خانه در شبکه‌های اینترنت اشیا

امروزه 44 درصد از انرژی جهان از سوخت‌های فسیلی که در حال حاضر تهدیدی برای ساکنان و رفاه محیط زیست است مشتق می‌شود. تحقیقات اخیر بر روی تقاضای جهانی برای مصرف انرژی در بخش‌های مختلف مصرف انرژی نشان داده است که بخش ساختمان یکی از مصرف‌کنندگان اصلی انرژی است و درصد بالایی از این مصرف انرژی غیرضروری تلقی می‌شود. این مصرف بالا به دلیل مدیریت و اجرای ضعیف استراتژی‌های پیشگیری از مصرف بیش از حد انرژی است. محققان در دانشگاه و صنعت سالهای است که در پی ابداع تکنیک-هایی برای مقابله با مصرف غیرضروری انرژی و تامین یک محیط زندگی سالم برای شهرهای هوشمند سبز هستند. از جمله‌ی این تکنیک‌ها سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی خانه (SHEMs) است که به منظور مدیریت موثر مصرف انرژی، لوازم خانگی برقی و گره‌های حسگر را به دستگاه‌های مستقل تبدیل می‌کند. این مطالعه سیستم هوشمند مدیریت انرژی خانه را با هدف شناسایی روندها و چالش‌های فعلی برای پیشرفت‌های آتی مورد تحلیل قرار می‌دهد. نتایج عدم وجود ویژگی‌های کیفی مانند امنیت، حریم خصوصی، مقیاس‌پذیری، تعامل‌پذیری و مدیریت و انطباق دشوار با آسایش گرمایی ساکنین که آنها را در معرض خطرات سلامتی قرار می‌دهد را نشان می‌دهند. سرانجام این مطالعه فرصت‌های تحقیقات آینده برای تامین خانه‌های هوشمند کم مصرف و بدون مصرف انرژی غیرضروری، چالش‌های سلامتی و حملات امنیت سایبری را شرح می‌دهد.

SHEMs چارچوب فناوری پیشرفته اینترنت اشیا با توانایی تبدیل یک خانه سنتی به یک محیط هوشمند آگاه از انرژی برای مدیریت منابع و تقاضای انرژی به منظور کاهش مصرف بیش از حد و صورتحساب انرژی بدون به خطر انداختن آسایش و رضایت ساکنین است. این چارچوب با هوش مرکزی برای خودکارسازی، تسهیل و هماهنگی تصمیم‌گیری در اکوسیستم محصولات خانه هوشمند بدون اتكا یا مشارکت ساکنین به

منظور تامین یک محیط زندگی راحت و بهبود سبک زندگی آنها طراحی شده است. تاکنون این روند

15 تا 23 درصد صرفه‌جویی در صورت حساب سالانه انرژی در مقایسه با خانه‌های

ستی را نشان داده است. جدول 1 تحلیل مقالات اخیر SHEMS را به طور خلاصه نشان می‌دهد.

Table 1
SHEMS literature review analysis.

Reference	Algorithm	Intelligent level	Data set	Validation tool	Appliance	Controller	Observation
Gao et al. (2020)	deep neural network	Predictive control	SG-Singapore-Airp-486980	TRNSYS	Shiftable appliance	Deep learning controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored -scheduling control only feasible where demand for energy is shiftable
Lissa et al. (2020)	Markov game	Predictive control	Sensors data	Prototype	Shiftable appliance	deep reinforcement learning controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored
Ding et al. (2019)	Neural Network	Predictive control	Energy data from ThingSpeak	EnergyPlus	Shiftable and non shiftable appliance	Reinforcement Learning controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored
Azuatalam et al. (2020)	deep reinforcement learning	Predictive control		EnergyPlus	Shiftable appliance	Markov Decision controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored -scheduling policy is required
Zhang et al. (2019)	reinforcement learning	Predictive control		EnergyPlus	Shiftable appliance		-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored
AlFaris et al. (2017)	Hidden Markov	Predictive control	Questionnaire	eQuest software	Non-Shiftable appliance	Vector support machine	The solution requires extension to consider non-shiftable appliances like HVAC equipment
Qurat ul et al. (2018)	Fuzzy logic	Predictive control	Energy data Data from ThingSpeak	Prototype development	Shiftable appliance	Fuzzy logic controller	Occupants detection and machine learning controller should be considered to improve demand and utilization of energy control and management
Khan et al. (2016)	Binary control	Predictive control	Sensors	Prototype development	Shiftable appliance	Binary/traditional controller	Machine learning controller is required to maintain the life span of home appliance Personalize and collective thermal comfort ignored
Ejaz et al. (2017)	heuristic algorithm	Predictive control	Sensors data	N/A	Shiftable appliance	Hidden Markov controller	Improve the controller intelligence to featured non-shiftable appliances like HVAC.
Anya et al. (2019)	Fuzzy logic	Predictive control	ThingSpeak and Matlab data set	Prototype development	Shiftable appliance	Binary/traditional controller	To maintain life span of appliance binary control should replace. Occupants detection and thermal user comfort should also consider. It is important to control to keep record of data to public to access
Asif et al. (2018)	Strawberry algorithm	Predictive control	Market Clearing Price data set	Matlab	Shiftable appliance	Binary/traditional controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored -scheduling control only feasible where demand for energy is shiftable
Filho et al. (2019)	Binary	Predictive control	Data from Thinkpeak"	Prototype development	Shiftable appliance	Binary/traditional controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored
Becker et al. (2018)	Hidden Markov Model	Predictive control	CER data set (Irish company)	Simulation (eQuest software)	Shiftable appliance	Hidden Markov controller	-Difficult to detect occupant in dark -Thermal comfort satisfaction ignored -Simulations are limited to only one type of HVAC
Moreno et al. (2014c)	Binary	Predictive control	Sensors data	Prototype development	Shiftable and non shiftable appliance	Binary/traditional controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored

(continued on next page)

Table 1 (continued).

Reference	Algorithm	Intelligent level	Data set	Validation tool	Appliance	Controller	Observation
Al-Ali et al. (2017)	Binary	Predictive control	Sensors data	Prototype development	Shiftable appliance	Binary/traditional controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored
Liu et al. (2019)	deep reinforcement learning	Predictive control	Sensors data	N/A	Shiftable appliance	deep reinforcement learning controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored
Rathore et al. (2018)	hyperellipsoidal model based algorithm	Predictive control	Sensors	Prototype	Shiftable appliance	A Bayesian maximum entropy based controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored
Qurat ul et al. (2018)	Genetic Algorithm	Predictive control	Sensors	Matlab	Shiftable appliance	Fuzzy logic controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored
Yazici et al. (2018)	Support Vector Machine	Predictive control	Sensors	Matlab	Shiftable appliance	Random Forests	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored
Brundu et al. (2017)	Fuzzy logic	Predictive control	Sensors	Matlab	Shiftable appliance	Binary/traditional controller	-Occupants detection ignored -Thermal comfort satisfaction ignored
Oliveira et al. (2017)	Fuzzy logic	Predictive control	Questionnaire an sensors	Prototype development	Low	Binary/traditional controller	- Occupants detection ignored - Thermal comfort satisfaction ignored

SHEMS فعلى نوع متفاوتی از کنترلگر هوشمند را پیاده‌سازی می‌کند که مستلزم مقادیر ورودی بازخورد خارجی مانند هزینه، نیاز حرارتی یا تولید PV برای ارائه پیشنهادات مناسب در پاسخ به انرژی برای انتخاب یا اجرای مستقل تصمیمات مشتری است. SMHEMS بر اساس سطح هوش ارائه شده برای خودکارسازی تقاضای انرژی و کنترل وظایف استفاده به دو دسته اصلی تقسیم می‌شود (روش SHEMS غیر پیش‌بینی کننده و پیش‌بینی کننده) (جدول 1). این کنترلگرها بر اساس سطح بلوغ هوشمندی سیستم به دو دسته اصلی دسته-بندی می‌شوند (کنترلگر پیش‌بینی کننده و غیر پیش‌بینی کننده).

کنترلگرهای غیر پیش‌بینی کننده توانایی مدیریت لوازم خانگی از راه دور با استفاده از اپلیکیشن تلفن همراه یا خدمات وب را دارند. این برای زمانی ضروری است که ساکنان می‌خواهند از تجهیزات پیش از موعد با صرفه-جویی بالاتر انرژی استفاده کنند. به عنوان مثال، روشن کردن تجهیزات HVAC با سرعت تهویه کم قبل از استفاده از فضا برای یک دوره مشخص که در مقایسه با تجهیزات HVAC با سرعت تهویه بالا در زمان افزایش تقاضا، انرژی کمتری مصرف می‌کند.

کترلگرهای پیش‌بینی کننده برای خودکارسازی روش اخاموش کردن لوازم خانگی بدون دخالت ساکنین طراحی شده‌اند. اکثر این کترلگرهای با الگوریتم‌های یادگیری ماشین آموزش دیده‌اند (جدول ۱ را ببینید) و رفتار ساکنین با تقاضای انرژی و استفاده از انرژی را یاد می‌گیرند و می‌توانند پیش‌بینی دقیقی برای پاسخگویی به تقاضای ساکنین بدون مصرف غیرضروری انرژی انجام دهند.

با این حال اکثر متون درمورد SHEMS مندرج در جدول ۱ برای استخراج مدل یادگیری در مورد رفتار ساکنین با تقاضا و استفاده از انرژی تا حد زیادی به فعالیت زمانبندی ثابت ساکنین متکی هستند. قرات و همکاران (2018)، آسیف و همکاران (2018)، مینا لوریان و همکاران (2017b)، جاوید و همکاران (2018) و یو و همکاران (2020) پیشنهاد دادند که ساکنین رفتار به حداقل رساندن مصرف انرژی بیش از حد در تجهیزات HVAC را یاد می‌گیرند. الگوریتم‌های پیشنهادی از زمانبندی ثابت ورود و خروج ساکنین به ساختمان، رفتار الگوی انرژی ساکنین، دمای نقطه مرکزی که در جهت آسايش آنها بر اساس فصل سال است استفاده می‌کنند. مدل مشتق شده در نرم افزار EnergyPlus در مقایسه با ترموموستات سنتی شبیه‌سازی شد که دقت بالایی در پیش‌بینی ساکنان در محیطی که انرژی بیش از حد مصرف شده در تجهیزات HVAC به طور معناداری کاهش می‌یابد نشان می‌دهد. صرفه‌جویی انرژی از طریق برنامه زمانبندی ساکنان در ساختمان‌های تجاری مانند آزمایشگاه‌ها، دفاتر اداری و محیط‌های تجاری که فعالیت ساکنان تحت سیاست‌های خاصی کنترل می‌شود عملی است.

این پیشنهادها با انعطاف‌پذیری تنظیم نقاط دمای مرکزی بر اساس شرایط هواشناسی داخلی و توانایی انطباق با تغییر رفتار ساکنین به چالش کشیده می‌شوند که بر قابلیت اطمینان مدل برآورده ساکنین تأثیر می‌گذارد به ویژه زمانی که ساکنین تصمیم گرفته‌اند برخلاف برنامه زمانی ثابت طراحی شده عمل کنند.

از طرفی دیگر کنترل پیش‌بینی کننده پویا برای مدیریت لوازم خانه چندان به برنامه‌های ثابت ساکنان متکی نیست. با این حال در برخی موارد برای بهبود قابلیت اطمینان **SHEMS** فعالیت زمان‌بندی ساکنان در توسعه مدل یادگیری برای رفتار ساکنین در قبال تقاضا و مصرف انرژی در نظر گرفته می‌شود.

کنترل پیش‌بینی کننده پویا حسگرها را به عنوان منبع تولید داده‌های ساکنین برای پردازش بلاذرنگ پیاده‌سازی می‌کند. پردازش صوتی بلاذرنگ در هوانگ و همکاران (2015) و هوانگ (2018) از فرکانس صوتی که حسگرها برای کنترل مصرف انرژی HVAC دریافت می‌کنند استفاده می‌کنند. پردازش تصویر بلاذرنگ مبتنی بر دوربین در یونگ و جزی زاده (2019) و کائو و همکاران (2018) رویکرد مشابهی را با استفاده از الگوریتم ساده بیزی پیشنهاد کرد که پیکسل‌های تصویر بر اساس آستانه مورد نظر تعداد ساکنان پیش‌بینی شده در آن محیط به منظور کنترل تهویه HVAC متناسب با تعداد ساکنین در محیط آموزش داده می‌شوند. روزلین و همکاران (2019) و فاید و همکاران (2019) تکنیک‌های مادون قرمز غیرفعال با استفاده از همچوشه حسگر را برای پیگیری حرکت ساکنان در آن فضا برای کنترل تقاضای ساکنان برای HVAC و روشنایی برای جلوگیری از مصرف بیش از حد انرژی پیشنهاد دادند. حسگرها دی اکسید کربن CO_2 با کی-نرديکترین همسایه، یادگیری تقویت عمیق و ماشین بردار پشتیبان (SVM) برای پیش‌بینی تعداد ساکنین بر اساس سطح آلاینده‌ها در اتاق برای کنترل تجهیزات HVAC با تضمین به خطر نیفتادن آسایش گرمایی ساکنان مورد استفاده قرار گرفتند.

در متون فعلی در مورد سیستم هوشمند مدیریت انرژی خانه از تکنیک‌های مختلفی برای مدیریت روشنایی، HVAC، سرگرمی، آشپزخانه و سایر لوازم خانگی برقی استفاده می‌شود. جدول 3 این تکنیک‌ها را نشان می-

دهد. برای ارزیابی سطح تعامل نویسنده‌گان با مخاطبان به منظور ارزیابی بلوغ پیشنهادات موجود، معیارهای

ارزیابی کیفیت در جدول 2 برای امتیازدهی متون مورد استفاده قرار گرفت.

Table 2
Quality assessment procedure.

QA	QA question	Motivation	Evaluation process using DARE	Evaluation assessment using DARE
QA1	Are the criteria for inclusion and exclusion well described and appropriately in review?	The aim is to determine whether the inclusion criteria considered are clearly defined and discussed in the study, or partially implicit, or not defined and cannot be readily inferred.	Y (yes) indicates inclusion criteria are clearly defined. P (partly) indicates partially defined. N (no) indicates not defined, and cannot be readily inferred.	The following rating factor are assigned when answering QA1 question Y = 1 P = 0.5 N = 0
QA2	Does the domain search possibly cover all related work as a literature search carried out?	Aim to determine whether four (4) or more digital libraries have been searched and some search strategy are added or all journals addressing the area considered are identified and referenced by authors	Y(yes) indicates either four (4) or more digital libraries have been searched, and some search strategy are added or all journals addressing the area considered are identified and referenced by authors P (partially) indicate only three (3) or four (4) digital libraries have been searched with no addition of any search strategies or defined search used with restriction of set of journals and conference proceedings N (no) indicates the authors have searched up to 2 digital libraries or an extremely restricted set of journals.	The following rating factor are assigned when answering QA2 Y = 1 P = 0.5 N = 0
QA3	Has the quality and validity of included studies been assessed by the reviewers?	The aim is to determine whether quality criteria considered are clearly defined and separated from the result.	Y (yes)indicates Quality criteria considered are clearly defined and separated P (partially) indicates that the research question involves quality issues that are addressed by the study; N (no) indicates that quality assessment of first result was not clearly attempted.	The following rating factor is assigned when answering QA3 Y = 1 P = 0.5 N = 0
QA4	Does the information/studies of concern were described adequately?	The aim is to determine the detail information presented in study	Y (yes) indicates detailed Information about study is presented; P (partially) indicates summary information about first studies is presented; N (no) indicates no results of individual primary studies are specified	The following rating factor are assigned when answering QA4 Y = 1, P = 0.5 N = 0

هدف تحلیل ارزیابی کیفیت، شناسایی سطح مشارکت تحقیق در مورد هدف اولیه پیشنهادی برای جامعه

پژوهشی است. مقیاس DARE در جدول 2 در فرآیند ارزیابی و امتیازدهی استفاده شد و نتیجه ارزیابی در

جدول 3 خلاصه شده است.

Table 3
Quality evaluation using DARE scale.

Author/year	ID	Type	QA1	QA2	QA3	QA4	S-CATEGORY	TOTAL
Kitchenham et al. (2009)	S1	Journal	0	0	0	0	Policy	0
Revel et al. (2015)	S2	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Shah and Mishra (2016)	S3	Conference	Y	Y	P	P	Platform	3
Guo et al. (2016)	S5	Journal	Y	Y	Y	Y	Architecture	3.5
Curi et al. (2017)	S6	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Hafeez et al. (2017)	S7	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Risteska Stojkoska et al. (2017)	S8	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Kontes et al. (2017)	S9	Journal	Y	Y	Y	P	Review	3.5
Tsui and Chan (2012)	S10	Journal	Y	Y	Y	Y	Model	4.5
Pan et al. (2015)	S11	Journal	Y	Y	Y	P	Model	3.5
Brundu et al. (2017)	S12	Journal	Y	Y	Y	P	Framework	3.5
Feldmeier and Paradiso (2010)	S13	Journal	Y	Y	Y	P	Algorithm	3.5
Tsai et al. (2016)	S14	Journal	Y	Y	Y	P	Architecture	3.5
Khan et al. (2016)	S15	Journal	Y	Y	Y	P	Platform	4
Serra et al. (2014)	S16	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Moreno et al. (2014b)	S17	Journal	Y	Y	Y	Y	Architecture	4
Asif et al. (2018)	S18	Journal	Y	Y	Y	P	Algorithm	4
Aswani et al. (2012)	S19	Journal	Y	Y	Y	Y	Model	4
Bujdei and Moraru (2011)	S20	Conference	Y	Y	Y	P	Model	3.5
Velusamy et al. (2013)	S21	Journal	Y	Y	P	P	Model	3
Salamone et al. (2016a)	S22	Conference	Y	Y	P	P	Model	3
Han et al. (2014)	S23	Journal	Y	Y	Y	P	Architecture	3.5
Zeiler et al. (2013)	S24	Journal	Y	Y	Y	Y	Review	4
Barata and Silva (2013)	S25	Journal	Y	Y	Y	Y	Model	4
Kumar (2014)	S26	Journal	Y	Y	Y	P	Platform	3.5
Gateau and Rykowski (2015)	S27	Conference	Y	Y	Y	Y	Architecture	3.5
Bari et al. (2015)	S28	Journal	Y	Y	P	P	N/A	3
Sehar et al. (2017)	S29	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Moreno et al. (2014c)	S30	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Uribe et al. (2015)	S31	Journal	Y	Y	Y	Y	Architecture	4
Salamone et al. (2016b)	S32	Journal	Y	Y	Y	Y	Platform	4
Salamone et al. (2017b)	S33	Journal	Y	Y	Y	P	Platform	3.5
Salamone et al. (2017a)	S34	Journal	P	P	P	P	Platform	3
Robles and Kim (2010)	S35	Journal	Y	Y	Y	P	Review	3.5
Fischer and Madani (2017)	S36	Journal	Y	Y	Y	Y	Review	4
Darby (2017)	S37	Journal	Y	Y	Y	P	Review	3.5
Thomas et al. (2013)	S38	Journal	Y	Y	Y	P	Review	3.5
Piyare and Lee (2013)	S39	Conference	Y	Y	P	P	Architecture	3
Baig et al. (2013)	S40	Journal	Y	Y	P	P	Platform	3
Rabbani and Keshav (2016)	S41	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Zheng et al. (2013)	S42	Journal	Y	Y	P	P	Review	3
Yamauchi et al. (2015)	S43	Journal	Y	Y	P	P	Platform	3
Moreno et al. (2014d)	S44	Journal	Y	Y	Y	Y	Model	4
Javed et al. (2017)	S45	Journal	Y	Y	Y	Y	Platform	4
Luo et al. (2016)	S46	Journal	Y	Y	Y	Y	Model	4
Chen et al. (2013b)	S47	Journal	Y	Y	Y	P	Algorithm	3.5
Kim et al. (2015)	S48	Conference	P	P	P	P	Model	2
Drungilas and Bielskis (2012)	S49	Journal	P	P	Y	Y	Algorithm	3
Meana-Llorian et al. (2017a)	S50	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Walker et al. (2016)	S51	Journal	Y	Y	Y	Y	Review	4
Chen et al. (2013a)	S52	Journal	Y	Y	P	P	Platform	3
Giabattoni et al. (2016)	S53	Conference	Y	Y	P	P	Platform	3
Han et al. (2011)	S54	Journal	Y	Y	Y	Y	Architecture	4
Rehman et al. (2018)	S55	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Patti et al. (2013)	S56	Journal	Y	Y	Y	Y	Infrastructure	4
Talari et al. (2017)	S57	Journal	Y	Y	Y	Y	Review	4
Jahn et al. (2010)	S58	Journal	Y	Y	Y	Y	Platform	4
Pan et al. (2012)	S59	Journal	Y	Y	Y	P	Review	3.5
Tereshchenko and Nord (2018)	S60	Journal	Y	N	P	P	Framework	2
Giuseppina and Salvatore (2015)	S61	Journal	Y	Y	Y	P	Review	3.5
Haider et al. (2016)	S62	Journal	Y	Y	Y	Y	Review	4-
Hang-yat and Wang (2013)	S63	Journal	Y	Y	Y	Y	Platform	4
Harfield and Rattanongphisat (2017)	S64	Journal	Y	Y	Y	P	Framework	3.5
Hargreaves et al. (2015)	S65	Journal	Y	Y	Y	P	Review	3.5
Manic et al. (2016)	S66	Journal	Y	Y	Y	Y	Review	4

(continued on next page)

Table 3 (continued).

Author/year	ID	Type	QA1	QA2	QA3	QA4	S-CATEGORY	TOTAL
Altayeva et al. (2016)	S67	Journal	Y	Y	Y	Y	Review	4
Lockton et al. (2013)	S68	Journal	P	P	P	P	Review	2
Kumar (2014)	S69	Journal	Y	Y	P	N	Platform	2
Mansur et al. (2014)	S70	Journal	Y	Y	Y	P	Algorithm	3.5
Langevin et al. (2013)	S71	Journal	Y	Y	Y	P	Review	3.5
Meinke et al. (2016)	S72	Journal	Y	Y	Y	P	Review	3.5
Moreno et al. (2014a)	S73	Journal	Y	Y	Y	P	Model	3.5
Kathiravelu et al. (2015)	S74	Journal	Y	Y	Y	Y	Architecture	4
Alan et al. (2016)	S75	Journal	Y	Y	Y	P	Algorithm	3.5
Zhu et al. (2015)	S76	Journal	Y	Y	Y	P	Review	3.5
Tila and Kim (2015)	S77	Journal	Y	Y	Y	P	Algorithm	3.5
Pritoni et al. (2017)	S78	Journal	Y	Y	Y	Y	Review	4
Huang et al. (2015)	S79	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Brager et al. (2015)	S80	Journal	Y	Y	Y	Y	Review	4
Peffert et al. (2016)	S81	Journal	Y	Y	Y	P	Review	3.5
Rostampour and Keviczky (2018)	S82	Journal	Y	Y	Y	P	Framework	3.5
Royafood and Roskilly (2015)	S83	Journal	Y	Y	Y	Y	Model	4
Michailidis et al. (2018)	S84	Journal	Y	Y	Y	P	Algorithm	3.5
Wei et al. (2018)	S85	Journal	P	P	P	P	Review	2
Wei et al. (2018)	S86	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Jia et al. (2018)	S87	Journal	Y	Y	Y	Y	Review	4
Park and Rhee (2018)	S88	Journal	Y	Y	Y	Y	Review	4
AlFaris et al. (2017)	S89	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Singh et al. (2017)	S90	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Matsui (2018)	S91	Journal	Y	Y	P	P	Review	4
Ejaz et al. (2017)	S92	Journal	Y	Y	Y	P	Algorithm	3.5
Shakeri et al. (2017)	S93	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Lu et al. (2017)	S94	Journal	Y	Y	P	P	Algorithm	3
Chellamani and Chandramani (2020)	S95	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Samadi et al. (2020)	S96	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Li et al. (2020)	S98	Journal	Y	Y	Y	P	Framework	3.5
Hakimi and Hasankhani (2020)	S99	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Kerboua et al. (2020)	S100	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Chamandoust et al. (2020)	S101	Journal	Y	Y	P	P	Infrastructure	3
Choo et al. (2018)	S102	Conference	Y	Y	P	P	Architecture	3
Qurat ul et al. (2018)	S103	Journal	Y	Y	Y	Y	Infrastructure	4
Ullah et al. (2020b)	S104	Journal	Y	Y	Y	Y	Architecture	4
Hassan et al. (2013)	S105	Journal	Y	Y	Y	Y	Framework	4
Hussain et al. (2018)	S106	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Nadeem et al. (2018)	S107	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Javaid et al. (2018)	S108	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
de Castro Tomé et al. (2020)	S109	Journal	Y	Y	Y	Y	Framework	4
Filho et al. (2019)	S110	Journal	Y	Y	P	P	Algorithm	3
Jamaludin et al. (2013)	S111	Journal	Y	Y	Y	Y	Model	4
Rodriguez et al. (2019)	S112	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Khemakhem et al. (2020)	S113	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Pawar et al. (2020)	S114	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Ejaz et al. (2017)	S115	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Arya et al. (2019)	S116	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Becker et al. (2018)	S117	Journal	Y	Y	Y	Y	Model	4
Al-Ali et al. (2017)	S118	Journal	Y	Y	P	P	Algorithm	3
Liu et al. (2019)	S119	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4
Jo and Yoon (2018)	S120	Journal	Y	Y	Y	Y	Infrastructure	4
Arya et al. (2019)	S121	Journal	Y	Y	Y	Y	Architecture	4
Yuliansyah et al. (2019)	S122	Conference	Y	Y	Y	Y	Infrastructure	3
Chandramohan et al. (2017)	S123	Journal	Y	Y	Y	Y	Algorithm	4

و بیست و سه (23) مطالعه امتیاز 3.5 از 4 پس از ارزیابی مطالعات بر اساس معیارهای ارزیابی کیفیت نشان

داده شد که پنجاه (50) مطالعه امتیاز 4 از 4 را کسب کردند. به همین ترتیب ده (10) مطالعه امتیاز 3 از 4 و

ده (10) مطالعه از نود و چهار (94) مطالعه امتیاز 2 را کسب کردند. یک مطالعه مرتبط نیست و امتیاز صفر از

4 میگیرد.

مطالعاتی که امتیاز 4 کسب کردند مطالعات مربوط به اینترنت اشیا و صرفه‌جویی انرژی در خانه و ساختمان هوشمند هستند که راه حل جدیدی همراه با تحلیل و ارزیابی تجربی پیشنهاد دادند و معیار ویژه انتقادی و تحلیلی یک بررسی فشرده از راه حل پیشنهادی ارائه داد. مطالعاتی که امتیاز 3.5 کسب کردند قادر تحلیل تجربی فشرده یا روش مناسب ارزیابی هستند. اکثر مطالعات با امتیاز 4 و 3.5 مقالات مجلات هستند. به همین ترتیب مطالعاتی که امتیاز دو (2) داشتند تنها اثبات مفهومی را بدون هیچ گونه تحلیل تجربی بیشتر ارائه کردند که به طور کامل از اینترنت اشیا یا صرفه‌جویی در مصرف انرژی در خانه و ساختمان هوشمند استفاده نمی‌کنند. اکثر این مطالعات کنفرانس هستند.

به طور خلاصه اطلاعات جدول 3 نشان می‌دهد که حداقل تعداد مطالعات مرتبط سوالات ارزیابی کیفیت را پاسخ دادند.

سیستم مدیریت هوشمند انرژی خانه در بازار در چه جایگاهی قرار دارد؟

امروز جهان در عصر فناوری اطلاعات است. خانه‌های سنتی به خانه‌های هوشمند پر از لوازم الکترونیکی مبتنی بر شبکه‌های هوشمند پیشرفته تبدیل شده است (شکل 6). ساکنان با استفاده از این نوآوری می‌توانند چندین وسیله برقی را از راه دور در یک محیط زندگی مناسب کنترل کنند.

روندهای فعلی نشان می‌دهد که بازار خانه‌های هوشمند با افزایش لوازم برقی خانگی هوشمند در سراسر جهان به دلیل مقرون به صرفه بودن و امنیت به سرعت در حال رشد است. با بحران فعلی انرژی و افزایش جمعیت، خانه هوشمند می‌تواند محیطی آرام، تمیز و راحت را تامین کند. مطالعات نشان می‌دهد که سازگاری خانه‌های هوشمند باعث می‌شود که ساکنان انرژی را با قیمت پایین خریداری کرده و از آن به صورت بهینه استفاده کنند در نتیجه از گسترش آن به بازار جهانی حمایت می‌کنند. در سال 2015 بازار جهانی به 76.6 میلیارد دلار رسید و انتظار می‌رود رشد 28 درصدی در سال 2018 داشته باشد. این رشد سریع تحت تأثیر عوامل مهمی مثل

دسترسی به اینترنت، آگاهی گسترده از مزایای خانه هوشمند در تامین یک محیط با سبک زندگی راحت و سالم، بهبود تناسب اندام، نظارت از راه دور آسان خانه و کارامدی انرژی است. SHEMS به بخش‌های مستقلی تقسیم می‌شود (شکل 6):

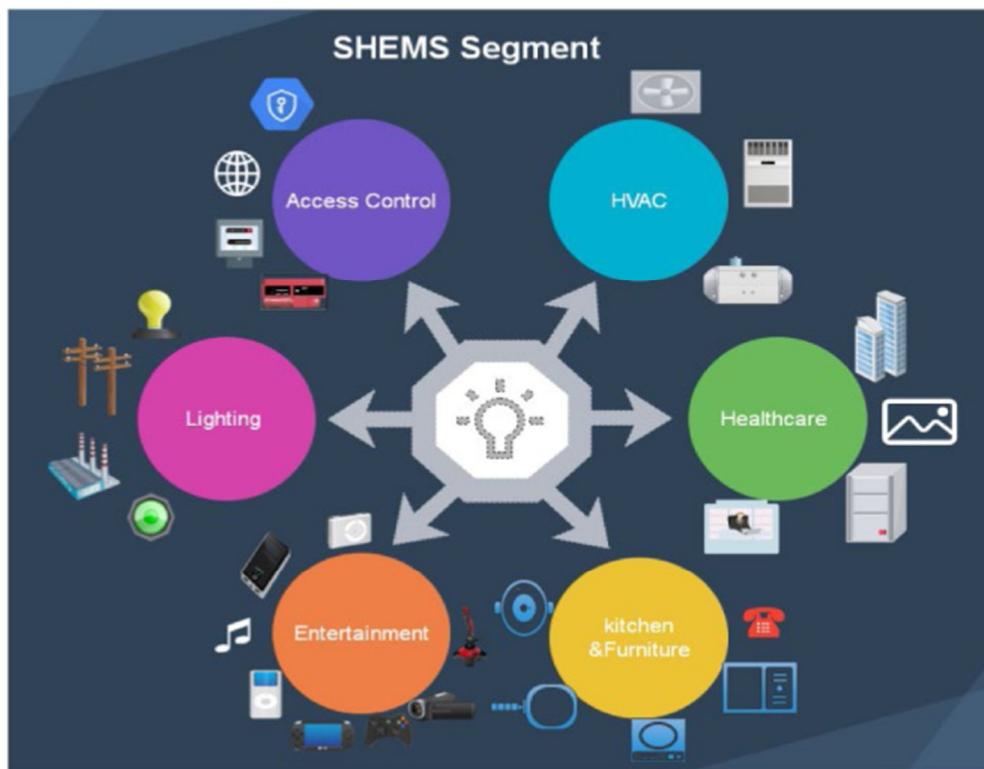


Fig. 6. SHEMS segments.

وسایل هوشمند سرگرمی زندگی: عوامل کلیدی که باعث افزایش ظرفیت بازار خانه هوشمند می‌شوند شامل لوازم هوشمند سرگرمی زندگی است. جلوه‌های دیداری و شنیداری راحت و همچنین گزینه کنترل از راه دور این لوازم به افزایش تعداد فروش از 170 میلیون دلار به 225 میلیارد دلار کمک کرده است و انتظار می‌رود 6.3 درصد از سال 2019 تا 2040 افزایش یابد. این گزارش افزایش بیشتری را در سهم بازار برای سیستم کنترل سینمای خانگی در سال 2018 نسبت به قبل نشان می‌دهد. شرکت‌هایی که سهم بازار جهانی در سرگرمی‌های هوشمند دارند عبارتند از شرکت ال جی الکترونیک، پاناسونیک، سامسونگ، سونی، و شرکت

میتسوبیشی، این بازیگران اصلی بازار استراتژی‌های اکتساب را اتخاذ می‌کنند که شامل مشارکت و همکاری برای حفظ موقعیت خود در بازار جهانی، و عرضه محصولات برای ایجاد اعتماد و کسب شهرت جهانی است.

در سال 2019 شرکت سامسونگ فاش کرد که تمام مدل‌های 2018 و 2019 تلویزیون هوشمند سامسونگ دارای ویژگی‌های برنامه Apple TV که در سال 2019 در بیش از 100 کشور راهاندازی شد هستند. با این کار سامسونگ توانست همکاری قوی بین سامسونگ و سرمایه‌گذاران بین‌المللی ایجاد کند.

چالش: وسائل سرگرمی هوشمند کنونی برای انجام ارتباطات فعال و هوشمند با مشتریان مشخص نشده‌اند. مشتریان دانش اولیه محدودی در مورد تاریخچه انرژی و داده‌های مصرف دارند. ادغام ویژگی‌های فعال در وسائل آینده باعث جذب سرمایه‌گذاران بین‌المللی و محلی و افزایش سهم بازار خانه‌های هوشمند در بازار جهانی می‌شود.

سیستم روشنایی هوشمند: روشنایی سهم بزرگی از مصرف انرژی مسکونی را به خود اختصاص می‌هد. با این حال ارائه کنونی کنترل‌های روشنایی کارآمد در بازار باعث افزایش تقاضا برای سیستم روشنایی هوشمند به ویژه برای پروژه‌های آینده شهر هوشمند در اقتصاد در حال توسعه می‌شود. ثبات کنونی بازار به ساختان خانه‌ها این فرصت را داده است که LED‌های هوشمند را با زیرساخت نور مدرن برای به حداقل رساندن هزینه و مصرف انرژی استفاده کنند. امروزه رشد سیستم‌های روشنایی هوشمند به بیش از 20 میلیارد دلار رسیده است و برآورد می‌شود تا سال 2024 به 40 میلیارد دلار برسد. صنایع با بالاترین سیستم روشنایی هوشمند عبارتند از Signify Holding (هلند)، Legrand SA (فرانسه)، OSRAM Licht AG (آلمان). این صنایع می‌کوشند سیستم‌های روشنایی را هوشمند سازند و در سهم بیشتری از سیستم کنترل روشنایی هوشمند از طریق تطبیق استراتژی اکتساب

سرمایه‌گذاری کنند. در سال 2019 اکثر این صنایع توسعه‌دهندگان فناوری سیستم کنترل روشنایی Wi-Fi را بدست آوردند که به گسترش جایگاه رهبری و حفظ موقعیت در رقابت با تامین‌کنندگان منطقه‌ای و کنترل قیمت اکوسیستم روشنایی کمک می‌کند.

چالش: کنترل روشنایی هوشمند یکی از بخش‌هایی با رشد سریع در بازار خانه‌های هوشمند به دلیل افزایش تقاضا در روشنایی خودکار خیابان‌ها، سیستم‌های روشنایی LED ساکنان در کشورهای توسعه یافته و آسیایی پاسفیک است. یکی از چالش‌های مهم در بخش روشنایی هوشمند مساله سازگاری است. این گزارش نشان داد که در سال 2018 کاربران نهایی هنگام متصل کردن لوازم خود به وای‌فای گوکل مشکلات اتصال را تجربه کردند و به نظر می‌رسد که شرکت از این چالش آگاه است. برای ماندن در رقابت بازار، سیستم روشنایی هوشمند باید مشکلات تعامل‌پذیری و اتصال در فناوری‌های مختلف را برطرف کند.

ادغام روشنایی هوشمند با سایر سیستم‌های روشنایی در شهرهای هوشمند مانند چراغ‌های پارکینگ، چراغ‌های راهنمایی، سنسورهای تشخیص آلودگی و کنتورهای انرژی یک رویکرد منطقی برای افزایش سهم روشنایی هوشمند در بازار است. با این حال محصولات فعلی موجود در بازار تعداد کمی وسایل و لوازم جانبی برای ادغام ارائه می‌دهند که تهدید بزرگتری برای توسعه شهرهای هوشمند آینده است. به علاوه با افزایش تحقیقات کنترل صدا این صنعت می‌تواند راه حل‌های توسعه سیستم روشنایی کنترل صدا را همراه با سایر کاربردهای نوآورانه روشنایی مانند روشنایی با غبانی، تخصصی، خورشیدی و روشنایی انسان محور در نظر بگیرد. فرصت دیگر امکان ادغام فناوری بی سیم LED در خودرو است که پیشرفتی مهم برای خودروهای لوکس با روشنایی هوشمند است.

کنترل دسترسی هوشمند: کارت‌های دسترسی معمولی همچنان بزرگترین بازیگر در بازار هستند. با این حال امروزه بسیاری از صنایع از فناوری هوشمند مبتنی بر بلوتوث برای ارائه کنترل از راه دور به ساکنان در آسانسورها، درها و درهای گردان استفاده می‌کنند. این فناوری نوآورانه با از بین بردن مشکلات مدیریت و نگهداری کارت دسترسی امنیتی از طریق ارائه کنترل امنیت دسترسی هوشمند در اپلیکیشن تلفن همراه، صنعت بازار امنیت دیجیتال را متحول می‌سازد. نبود الزامات و استاندارد امنیتی متناسب با وسایل هوشمند فعلی یکی از عوامل کلیدی است که بازار کنترل دسترسی هوشمند را کند کرده است. اگرچه بازار کنترل دسترسی هوشمند هنوز جوان است اما اخیراً این بازار شاهد افزایش تقاضا در قفل‌های هوشمند و دوربین‌های هوشمند برای ثبت و نظارت بر فعالیت‌های مشتری و کارمندان بوده است. با توجه به پیش‌بینی‌های اخیر درمورد نرخ جهانی جرم و جنایت انتظار می‌رود تا سال 2025 رشد بازار از 7.5 میلیارد دلار به 12 میلیارد دلار افزایش یابد. قابلیت اطمینان و مقرون به صرفه بودن کنترل دسترسی هوشمند در کارت‌های سنتی مجاورت و نوار مغناطیسی عوامل محرک کلیدی برای جذب سرمایه‌گذار جدید هستند. بازیگران کلیدی بازار کنترل دسترسی هوشمند عبارتند از ASSA ABLOY AB (سوئد)، جانسون کنترلز (ایرلند)، هلدینگ دورماکابا (سوئیس)، آلیجن (ایرلند)، گروه امنیتی هانیول (آمریکا)، شرکت Identive (آمریکا)، نداب (هلند)، شرکت Suprema HQ. (کره جنوبی). این بازیگران از خرید محصول، مشارکت و راه اندازی محصول به عنوان استراتژی‌های رقابت برای حفظ و جذب سرمایه‌گذاران خارجی و داخلی جدید استفاده می‌کنند.

چالش: اگرچه تحقیقات در مورد اینترنت اشیا در دانشگاه و صنعت هنوز در مراحل ابتدایی است اما اکثر کنترل دسترسی فعلی بدون تامین امنیت ارتباطات ساکنین، احراز هویت و تایید هویت ساکنان را انجام می‌دهند.

بنابراین برای اطمینان از راه حل رمزگذاری امنیتی سرتاسری برای دستیابی به سطح امنیتی کافی برای اعتبار و هویت کاربران لازم است کنترل دسترسی هوشمند فعلی به روز شود.

HVAC هوشمند: یکی از دستاوردهای پیشرفته هوشمندسازی، تامین آسایش گرمایی ساکنین و همچنین خرید انرژی با قیمت پایین و جلوگیری از مصرف بی رویه انرژی است. امروزه در بازارهای جهان ترمومهای هوشمند مختلفی از جمله تشخیص ساکنین، حسگرها، نور و کنترل بر پایه حرارت برای صرفه‌جویی قابل توجه در انرژی و کسب بی‌درنگ اطلاعات در مورد مصرف انرژی در دسترس هستند. اخیراً یک پلتفرم هوشمند **HVAC** مجهز به سنسور توسعه یافته است که از راه دور ترموموستات را تنظیم می‌کند. پیکربندی این برنامه سنجش از دور را می‌توان برای نظارت و مدیریت دمای اتاق، رطوبت و یخچال تغییر داد. بازار جهانی کنترل **HVAC** در سال 2018 حدود 14 میلیارد دلار بود و برآورد می‌شود تا سال 2023 به 27 میلیارد دلار برسد. نیروی محرکه اصلی این رشد تقاضای مداوم برای اتوماسیون ساختمان و کارایی محصولات است. بازیگران اصلی بازار برای کنترل هوشمند **HVAC**، جانسون (ایالات متحده)، زیمنس (آلمان) و هانیول (ایالات متحده) هستند.

چالش: سرا و همکاران (2014) عملکرد تنظیم ترموموستات **HVAC** هوشمند را مورد بررسی قرار دادند که ثابت شد طول عمر محصولات انرژی خانه هوشمند را کاهش می‌دهد. به عنوان مثال روش فعلی کنترل دما عمدتاً مبتنی بر روش باینری کلاسیک است که موجب خاموش و روشن شدن مکرر دستگاه در موقعی که مقدار تنظیم پایدار نیست می‌شود به ویژه در بعد از ظهرها که طول عمر کاهش می‌یابد. روش دیگری مثل الگوریتم کنترل فازی باید در نظر گرفته شود که به تنظیم موثر دما حتی در شرایطی که دمای اتاق ثابت نیست کمک می‌کند.

چالش دیگر حفظ آسایش گرمایی ساکنین است که عاملی مهم و موثر بر بازار سیستم HVAC هوشمند برای داشتن زندگی سالم و بهرهوری بالاتر در محل کار است. طرح‌های آینده برای سیستم‌های HVAC هوشمند باید دارای تکنیکی باشند که سطح آسایش گرمایی ساکنین را در اجتناب از چالش‌های بهداشتی مدیریت و حفظ می‌کند.

سیستم مراقبت بهداشتی هوشمند: یکی از فناوری‌های مهم اینترنت اشیا است که امروزه وجود دارد. این فناوری به پژوهش امکان درمان و مراقبت از بیمار در منزل را می‌دهد. این سیستم کاربرد گسترده‌ای در بازار دارد که پژوهشکان با استفاده از آن می‌توانند وضعیت سلامتی بیمار در خانه مانند حمله قلبی، مصرف دارو، سطح فشار خون بیمار را بررسی کنند. پیشرفت‌های دیگر شامل کاربردهای مکانیکی مانند ربات هوشمند است. عامل دستیار محیطی باید تمرکز تحقیقاتی باشد که به درمان بیماری‌های ویروسی از راه دور بدون خطر ابتلا کمک می‌کند. اخیراً دانشگاه تسینگهوا چین یک ربات خودکار برای کاهش شیوع ویروس کرونا میان شهروندان چینی توسعه داده است. این ربات می‌تواند قربانی احتمالی را تعیین کند، به بیماران قرنطینه غذا و آب برساند، و درمان خوراکی ارائه دهد. این ربات یکی از اقدامات مهمی است که دولت چین برای کاهش انتشار ویروس کرونا به کارکنان پژوهشکی اتخاذ کرده است.

امروزه تقاضا برای عوامل دستیار مراقبت بهداشتی مکانیکی هوشمند برای نظارت و کمک به بیماران دیابتی، بیماران قلبی، آسم و درد مفاصل افزایش یافته است. بازار جهانی سیستم مراقبت بهداشتی هوشمند در حال حاضر 6 میلیارد دلار برآورد می‌شود و پیش‌بینی می‌شود تا سال 2026 به 30 میلیارد دلار برسد. بازیگران اصلی این بخش عبارتند از Medical Guardian LLC، اپل، گوگل و Health Care Originals.

چالش: صنعت مراقبت بهداشتی هوشمند امروزه یکی از بخش‌های سریعا در حال رشد در بازار خانه‌های هوشمند است. دلیل این رشد بهبود سهولت دسترسی به مراقبت بهداشتی است. با این حال با افزایش جمعیت جهان، شیوع بیماری‌های ویروسی و افزایش تعداد سالمندان نیاز به یک دستیار محیطی احساس می‌شود. برای ارائه دستیار مستقل به منظور درمان و کمک به بیماران و سالمندان باید تعداد کاربردهای نوآورانه افزایش یابد. کاربردهای کنونی مراقبت بهداشتی هوشمند نیازمند ادغام فناوری‌های فراوان برای برقراری ارتباط بین بیمار و پزشک است و در بسیاری از موارد این کاربردها با چالش‌های تعامل‌پذیری روبرو هستند. محققان در دانشگاه و صنعت باید بر توسعه لایه‌های پلتفرمی متقابل که به مسائل تعامل‌پذیری در برنامه‌های هوشمند مراقبت بهداشتی می‌پردازنند تمرکز کنند.

حریم خصوصی سابق طولانی در سیستم مراقبت بهداشتی هوشمند دارد و به تنگنایی برای پذیرش جهانی این پیشرفت برای جامعه تبدیل شده است. یک سیستم مراقبت بهداشتی هوشمند معمولاً داده‌ها را میان پلتفرم‌ها و فناوری‌های مختلف برای ایجاد ارتباط متقابل بین پزشک و بیمار مبادله کرده و به اشتراک می‌گذارد.

مطالعات اخیر نشان می‌دهد که داده‌های بیمار بدون سایر فناوری‌های پنهان کردن حریم خصوصی بیمار برای اهداف تحقیقاتی و تحلیلی با عموم به اشتراک گذاشته می‌شود. این عمل تهدیدی برای حریم خصوصی بیمار است و برای پذیرش گسترده این نوآوری در جامعه ادغام تکنیک‌های حفظ حریم خصوصی در سیستم مراقبت بهداشتی هوشمند آینده ضروری است. تصویربرداری امنیت هوشمند در برنامه‌های مراقبت بهداشتی برای عصر ارتباطات امروز که مجرمان مختلف با مقاصد متفاوت به آن دسترسی دارند ضروری است: تصویربرداری هوایپیماربایی، اختلال، رهگیری برنامه مراقبت بهداشتی و سالن تئاتر توسط مجرمان سایبری.

یک مطالعه جدید نشان می‌دهد که سیستم مراقبت بهداشتی هوشمند در سال‌های اخیر به هدف اصلی حملات سایبری در سراسر جهان تبدیل شده است. این برنامه‌ها بدون ملاحظات امنیتی طراحی شده‌اند. بنابراین تحقیقات مراقبت بهداشتی هوشمند باید بر روی دسته‌بندی‌های مختلف مدل‌سازی مکانیسم‌های امنیتی پیشرفت‌ه سنتی متناسب با برنامه‌های بهداشتی هوشمند تمرکز کند و آنها را در نسل بعدی برنامه‌های مراقبت بهداشتی هوشمند برای جلوگیری از جنایت سایبری ادغام کند.

آشپزخانه هوشمند: از حسگرهای مختلفی برای راحت فعالیت‌های آشپزخانه استفاده می‌کند. این لوازم مججهز به ویژگی‌های اتصال بی‌سیم و بلوتوث برای برقراری ارتباط با سایر لوازم خانگی هوشمند مانند تبلت و سایر لوازم دستی از راه دور هستند. امروزه تمرکز دانشگاه و صنعت بر ادغام آشپزخانه هوشمند و سایر محصولات راهاندازی با چندین لوازم آشپزخانه هوشمند موجود در بازار مججهز به حسگرهایی برای کارکرد آسان و کمک به ساکنان در تنظیم از راه دور فعالیت‌های آشپزخانه است. لوازم آشپزخانه هوشمند در مقایسه با لوازم آشپزخانه معمولی در مصرف انرژی کارآمد هستند که پیش‌بینی می‌شود تقاضا برای آنها در بازار در سال-های آینده افزایش یابد. بازار جهانی برای آشپزخانه هوشمند در حال حاضر به 2.7 میلیون دلار رسیده است و انتظار می‌رود تا سال 2027 به 8.5 میلیون دلار برسد. شرکت‌کنندگان عمدۀ بازار عبارتند از LG (آمریکا) و .Tovala

چالش: هر زمان که از آشپزخانه هوشمند صحبت می‌کنیم همه فکر می‌کنند که یک کنترل سیستم آشپزخانه دارید که با استفاده از هوش مصنوعی غذای مورد علاقه ساکنان را تهیه می‌کند. تعدادی از لوازم آشپزخانه هوشمند موجود در بازار امروز دستی هستند. امروزه با اتکا به فناوری، فرصت بزرگی برای صنایع آشپزخانه هوشمند فراهم شده تا آشپزخانه هوشمند پیچیده‌تری را در نظر بگیرند که بر اساس داده‌های تاریخی ساکنان

غذای مورد علاقه ساکنان را راحتتر آماده می‌کنند. نسل بعدی آشپزخانه هوشمند با قابلیت تشخیص غذای مورد علاقه ساکنان، سفارش دادن دستور غذا و مواد اولیه و پخت غذای مورد علاقه ساکنان بازی را در بازار خانه-های هوشمند تغییر می‌دهد.

مبلمان هوشمند: بخشی از راه حل‌های خانه هوشمند است که اطلاعات اطراف ساکنان را برای اطمینان از رضایت و راحتی و کارکرد یکپارچه نظارت می‌کند. افزایش درآمدهای فردی و بهبود اقتصاد کشورها یکی از عوامل کلیدی موثر بر تغییر سبک زندگی فردی است. این فناوری عمدتاً عوامل سلامتی ساکنان مانند زمان خواب، تغذیه، بهداشت و کل کالری سوزانده شده را نظارت می‌کند. به علاوه مبلمان هوشمند ویژگی‌هایی دارد که گوشی‌های هوشمند و اسپیکرها بلوتوث را به صورت بی‌سیم شارژ می‌کنند. مبلمان هوشمند آینده دارای فناوری‌هایی است که بهره‌وری کارکنان، وضعیت کمد و زنگ هشدار برای محیط بهم ریخته را کنترل می‌کند. بازار جهانی مبلمان هوشمند به 174 میلیون دلار رسیده و برآورد می‌شود که تا سال 2026 به 795 میلیون دلار برسد. بازیگران بازار مبلمان هوشمند عبارتند از *Ikea Group*, *Ori Systems*, *Smart Living LLC* و *چالش*: مبلمان هوشمند فعلی موجود در بازار می‌تواند سبک فعالیت ساکنین از جمله ایستادن، نشستن، خوابیدن و غذا خوردن را نظارت کند و این اطلاعات میان سایر لوازم خانگی هوشمند مانند متر هوشمند خانه به صورت مستقل و بدون هیچ مکانیسم احراز هویت به اشتراک گذاشته می‌شود. این کار منجر به بوجود آمدن چالش حفظ حریم خصوصی و در نتیجه سرقت یا ارتکاب جنایت در سطح بالا می‌شود زیرا مجرمان می‌توانند به مبلمان هوشمند دسترسی پیدا کرده و زمان خواب یا عدم حضور ساکنین در خانه را بفهمند. مبلمان هوشمند آینده باید مکانیسم‌های امنیتی پیشرفته‌ای داشته باشند تا قبل از ایجاد ارتباط بین خانه هوشمند و افراد غریبه شناسایی مناسبی صورت گیرد.

سیستم مدیریت انرژی خانه هوشمند پلتفرمی است که ارتباط متقابل بین ارائه دهنده‌گان انرژی و مصرف‌کنندگان و همچنین مصرف انرژی لوازم خانگی هوشمند را مدیریت می‌کند. این پلتفرم کارکردهایی مثل بررسی قیمت خرید انرژی، خرید انرژی، مدیریت تقاضای انرژی دستگاه و حذف مصرف بیش از حد انرژی را ارائه می‌دهد. تحقیقات فراوانی بر روی سیستم‌های مدیریت انرژی خانه هوشمند در دانشگاه و صنعت انجام شده است. این بخش از مطالعات 10 سیستم برتر مدیریت انرژی خانه هوشمند موجود در بازار را شرح می‌دهد.

کنترل هوشمند روشنایی Philips Hue-Hue Go: Philips Hue-Hue Go روشنایی به اندازه کافی روشن نیست که بتواند جایگزین لامپی که اتاق را روشن می‌کند شود و بدون پلتفرم دارای یک اپلیکیشن موبایل است که ساکنان می‌توانند با استفاده از آن از راه دور نور را کنترل کنند. این Amazon Echo فناوری است که به روش مشابه Hue Goand Hue Bridge که ساکنین باید به صورت جداگانه به صورت کیت Hue خریداری کنند کار نمی‌کند. این دهد. با این حال Amazon Echo از Hue Go پشتیبانی نمی‌کند.

ترموستات هوشمند نست: یکی از سیستم‌های هوشمند مدیریت انرژی خانه در بازار است که از الگوهای انرژی ساکنان یاد می‌گیرد و بدون نیاز به مشخص کردن آن به طور مستقل با آن سازگار می‌شود. ساکنان با استفاده از این دستگاه می‌توانند تاریخچه مصرف انرژی را مشاهده و لوازم خانگی هوشمند متصل به اینترنت را از راه دور مدیریت کنند. ترمومتر هوشمند نست فعلی موجود در بازار نمی‌تواند زمان یا بهترین زمان خرید انرژی را پیش‌بینی کند بنابراین لوازم خانگی قابل تعویض باید از قبل برای نرخ مصرف انرژی ارزان‌تر برنامه- ریزی شوند.

دکمه هوشمند POP لاجیتک: سه وضعیت برای انجام کارکردهای مختلف و نور رنگارنگ مشابه-Hue-

Hue Go در اختیار ساکنین قرار می‌دهد. ساکنین با استفاده از POP می‌توانند به سایر لوازم خانگی هوشمند

مثل قفل درب و سیستم HVAC با یک دکمه فشاری ساده متصل شده و آن را مدیریت کنند. به علاوه این

دستگاه گزینه حالت خواب دارد که ساکنان می‌توانند به طور خودکار دمای اتاق را تنظیم کرده و با فشار یک

دکمه چراغ‌های خانه را خاموش کنند. برای تقویت فرصت بازار POP دکمه هوشمند باید دارای تکنیک‌های

برقراری ارتباط با سایر مبلمان هوشمند برای یادگیری زمانبندی خواب ساکنان باشد به طوری که همه چیز به

طور خودکار بدون نیاز به لمس حالت خواب پیش می‌رود.

ترموستات هوشمند Norm: دستگاه هوشمند مدیریت انرژی خانه Isa که از طریق وای فای به سیستم

HVAC متصل می‌شود و ساکنان می‌توانند با استفاده از آن دمای اتاق را مدیریت کنند. این دستگاه می‌تواند

رضایت گرمایی ساکنین مانند ترجیحات سرمایش و گرمایش را یاد بگیرد و قبل از رسیدن ساکنین به خانه به

طور خودکار آن را تنظیم کند. حتی اگر این دستگاه نتواند به سایر لوازم خانگی هوشمند متصل شده و آنها را

مدیریت کند یکی از بهترین دستگاه‌های هوشمند در بازار برای تامین رضایت گرمایی ساکنین است. یکی از

اشکالاتی که در بررسی مشتری مشاهده شد این است که ترموستات هوشمند Norm خوانش دقیق دما را

نمی‌دهد. با این وجود ساکنین می‌توانند با هزینه اضافی از اپلیکیشن موبایل Wink یا رله دیواری Wink برای

مشاهده و تنظیم دمای اتاق استفاده کنند.

ترموستات خانه هوشمند Honeywell و ترموستات خانه هوشمند Norm کارکرد مشابهی دارند. به علاوه

ساکنان با استفاده از Norm می‌توانند سیستم‌های روشنایی را در اپلیکیشن‌های تلفن همراه متصل و مدیریت

کنند، مصرف انرژی را میان دستگاهها برنامه‌ریزی کنند و در انرژی صرفه‌جویی کنند. بر خلاف Norm

Honeywell خوانش دقیقی روی صفحه لمسی ارائه می‌دهد که ساکنان می‌توانند دمای بیرون را چک کنند.

: یک کنترل کننده هوشمند دما است که کنترل از راه دور مادون قرمز تهویه هوا را با Ambi Climate

دستگاهی هوشمندتر جایگزین می‌کند. ساکنین با استفاده از این فناوری می‌توانند تهویه مطبوع را با اپلیکیشن

تلفن همراه همگام‌سازی کنند و برای مدیریت و نظارت بر دمای اتاق از هر مکانی دسترسی کامل داشته باشند.

این دستگاه یک ویژگی اضافی برای تامین راحتی و آسایش ساکنان با نظارت مستمر بر ترجیحات آنها تا نقطه

تنظیم دمای دقیق روی ابر برای پیش‌بینی آینده دارد. Ambi Climate با در نظر گرفتن دمای داخل خانه،

دمای بیرون، و داده‌های تاریخی ساکنین از ابر برای نقطه تنظیم دما به طور خودکار متناسب با رضایت راحتی

ساکنین، رضایت گرمایی آنها را تامین می‌کند که به صرفه‌جویی بیشتر در مصرف انرژی نسبت به روش سنتی

کمک می‌کند. با نگاهی عمیق‌تر به عملکرد آن متوجه می‌شویم که این دستگاه برای متعادل کردن رضایت

گرمایی بیش از سه نفر از ساکنان با ترجیحات گرمایی مختلف با چالش روبرو می‌شود.

ZEN: یک دستگاه هوشمند مدیریت انرژی خانه است که از یک ترموموستات قابل برنامه‌ریزی برای

تنظیم سیستم HVAC و حفظ رضایت گرمایی ساکنین و جلوگیری از مصرف بیش از حد انرژی استفاده می-

ZEN دارای گزینه‌های زمانبندی بر اساس ترجیحات ساکنان برای مصرف انرژی مانند زمان خروج و

رسیدن به خانه است. این دستگاه با داشتن این ویژگی می‌تواند به راحتی یک پروفایل برای ساکنین برای

صرف بهتر انرژی ایجاد کند. به عنوان مثال ZEN مصرف انرژی سیستم HVAC را از طریق استفاده از دمای

پایین دقایقی قبل از ورود ساکنین به خانه کاهش می‌دهد که از نظر انرژی کارآمدتر است نسبت به زمانی که در

بعد ورود ساکنان به خانه با دمای بالا شروع می‌کند.

است که تهویه را تنظیم می‌کند و در مکانهایی از خانه که چندان مورد استفاده نیست کارآمد است. نصب این دستگاه بر روی دیوار بسیار آسان است و به جای سرد کردن یا گرم کردن کل خانه که بعضی از اتاق‌ها خیلی سرد یا خیلی گرم می‌شود با ایجاد ناحیه‌ای در خانه مثل اتاق خواب، غذاخوری یا آشپزخانه دمای اتاق را تنظیم می‌کند. ساکنان می‌توانند این عملیات را برنامه‌ریزی کرده و قابلیت کنترل سیار در هر مکانی داشته باشند. ایده پشت این کار داشتن دمای دلخواه اتاق در خانه به خصوص در تابستان زمانی که اتاق‌ها گرم‌تر هستند است. Keen می‌تواند سرما را به سمت آنها هدایت کند یا هوای گرم را از آنها دور کند.

Foobot: دستگاه دیگری برای خانه هوشمند که به جای دستگاه‌های هوشمند مدیریت انرژی خانه استفاده می‌شود و کیفیت هوای اتاق را کنترل می‌کند. این دستگاه اطلاعات به روزی در مورد مقدار دما و رطوبت به ساکنین می‌دهد و در صورت سالم نبودن سطح کیفیت هوا هشدار ارسال می‌کند. ساکنان خانه ممکن است به بیماری‌های مختلفی ناشی از کیفیت بد هوا مبتلا شوند از جمله زوال عقل و منتشریت مغزی نخاعی که به دلیل باکتری نایسیریا منتشریت‌دهنده مغز و نخاع است که منجر به سفت شدن گردن، تب بالا، بثورات، سردید شدید، استفراغ و گیجی می‌شود. این دستگاه می‌تواند آلاینده‌های هوا را نیز تشخیص دهد مانند دی اکسید کربن و سایر ترکیبات آلی فرار که حتی در غلظت‌های کم زندگی ساکنان را تهدید می‌کنند.

بهبود آسایش گرمایی سرنشینان از طریق حسگر هوشمند و کنترل هوشمند: رضایت گرمایی ساکنین یکی از اهداف اولیه SHEMS است. با این حال تحقیقات اخیر به طور مداوم و گستردۀ بر صرفه‌جویی انرژی بدون تاکید زیاد بر آسایش گرمایی ساکنین تمرکز دارند. فناوری‌های حسگر فعلی خانه هوشمند به دنبال الگوریتم‌های جدید یادگیری هوشمند برای ارتقای تحقیقات پاسخگوی ساکنان HVAC تحت شرایط فعال

مختلف بر روی دمای پوست آنها با استفاده از ابزارهای پوشیدنی و حسگر بدون تماس برای استنباط آسايش گرمایی شخصی و سازگار هستند.

بهبود آسايش گرمایی ساکنان از طریق طراحی ساختمان: بهبود پوشش فعلی ساختمان (دیوار زیرزمین، دیوار کناری، دال) از طریق درنظر گرفتن بهرهوری انرژی در طراحی ساختمان برای از بین بردن اتلاف گرما که منجر به گرمای بیش از حد یا سرمای بیش از حد می شود. در زیرشیروانی، دیوارها، درها و پنجره‌ها باید از عایق با کیفیت مشابه تجهیزات گرمایشی و سرمایشی استفاده شود تا انتقال گرما به داخل اتاق کاهش یافته و همچنین از نفوذ سرمای داخل به بیرون جلوگیری شود. به طور مشابه، تعیین موقعیت دقیق تجهیزات HVAC و سایر عوامل نوری موثر بر تشعشعات گرمایی ساختمان از عوامل کلیدی دستیابی به خانه‌ای با انرژی حرارتی کارآمد است.

طرح قیمت‌گذاری استاندارد: یکی دیگر از فرصت‌های تحقیقاتی در سیستم مدیریت انرژی خانه هوشمند معرفی طرح قیمت‌گذاری انرژی بر اساس تقاضای انرژی مشتریان و توانایی مراکز توزیع در پاسخگویی به دستورات آنها برای کاهش بی‌نظمی در قبوض مصرف انرژی است. سیستم فعلی مدیریت انرژی خانه هوشمند نمی‌تواند قبل از مصرف انرژی قیمت واقعی انرژی را برای یک روز یا یک بازه زمانی خاص حتی در ارتباط با ارائه‌دهنگان انرژی تعیین کند. این یکی از عواملی است که باعث افزایش هزینه‌های انرژی به ویژه در اوج تقاضا از سوی مشتریان می‌شود.

برای مدیریت آن، ارائه‌دهنگان انرژی باید داده‌های تاریخی مصرف انرژی را در دسترس یک سیستم کنترل انرژی قرار دهنند تا برآورد قیمت مدل با استفاده از متغیرهای وابسته مانند داده‌های هواشناسی که برای پیش‌بینی سطح تقاضای انرژی و طرح قیمت گذاری قبلی استفاده می‌شوند به راحتی انجام شود. ساکنین با داشتن قیمت

تحمیینی می‌توانند در مورد زمانبندی مصرف انرژی با هزینه پایین برای لوازم خانگی قابل تعویض تصمیم‌گیری کنند. به عنوان مثال پمپاژ آب در تانکر ذخیره‌سازی را می‌توان در هر زمانی از روز تا زمانی که خالی نشده برنامه‌ریزی کرد و گرم کردن آب ذخیره برای مصارف بعدی مانند حمام کردن، آشپزخانه یا هر مورد دیگر را می‌توان زمانی که هزینه انرژی پایین است برنامه‌ریزی کرد که در بلندمدت به صرفه‌جویی کمک می‌کند.

سیستم روشنایی: تحقیقات کمک شایانی به مصرف انرژی کارآمد در سیستم روشنایی کرده است از جمله فناوری روشنایی هوشمند لومن پیشرفته، دیمرها و LED‌ها. با این حال امروزه سیستم روشنایی یکی از عوامل موثر بر مصرف بیش از حد انرژی به دلیل عملکرد ضعیف مدیریت کنترل نور و طراحی بد ساختمان است. یکی از راه‌های کاهش مصرف انرژی در سیستم روشنایی روش ایده‌آلی است که پارامترهای نوری به طور مستقل مدیریت می‌شوند. عایق و موقعیت پنجره نیز باید به گونه‌ای انتخاب شود تا شفافیت کارآمد در برابر خورشید بدست آید و بتواند روشنایی را در اتاق بدون تهدید پوست یا آسیب به مواد جذب کند. قرار دادن سنسورهای نور روز و چراغ‌های حسگر تشخیص حرکت در مناطقی که کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند باعث کاهش روشنایی غیرضروری می‌شود. عایق خوب پنجره و موقعیت درست نورگیر همراه با دیمرها به کاهش مصرف انرژی به طور متوسط تا 40 درصد کمک می‌کند.

امنیت: امنیت از زمان پیدایش خانه‌های هوشمند به ویژه در تامین دسترسی‌بزیری و ارتباط امن لوازم خانگی هوشمند یک مساله واقعی بوده است. امروزه سیستم‌های مدیریت انرژی خانه‌های هوشمند جزو اولین اهداف مجرمان سایبری هستند که نشان دهنده افزایش سریع تهدیدات و حملات از عدم پذیرش خدمات تا نقض حریم خصوصی و یکپارچگی اطلاعات شخصی ساکنان به دلیل عدم پیاده‌سازی مناسب مکانیسم‌ها و زیرساخت‌های امنیتی در تامین ارتباط انتهای بین لوازم مدیریت انرژی خانه‌های هوشمند است.

بعد آسیب‌پذیری‌ها و حملات جدید احتمالا در آینده به دلیل استقرار سیستم مدیریت انرژی خانه هوشمند بدون در نظر گرفتن الزامات امنیتی افزایش می‌یابد. تعدادی از طرح‌های امنیتی فاقد ویژگی جهانی بودن هستند و معمولا برای تامین امنیت ارتباطات یا کاربردهای خاص به کار می‌روند. برای اطمینان از پذیرش جهانی محصولات سیستم مدیریت انرژی خانه هوشمند، صنایع باید دستگاه‌های خانه هوشمند ایمن در برابر حملات نقض امنیت که بلا فاصله پس از شناسایی گزارش می‌شوند را تامین کنند. راه اصلی مدیریت این مشکل، تأمین مالی تحقیقاتی و همکاری بین محققان دانشگاه و صنعت است.

حریم خصوصی: چالش دیگر حریم خصوصی است. به عنوان مثال، کتور هوشمند متصل به لوازم خانگی هوشمند مسئول ردیابی الگوهای رفتاری ساکنین، علائم حیاتی بدن مانند فشار خون، ضربان قلب، دمای بدن، مصرف بیش از حد دارو، قدرت عضلانی، ساعات خواب و نسخه پزشکی است. این اطلاعات به صورت پویا بی‌درنگ پردازش شده و با ارائه‌دهندگان انرژی و سایر ارائه‌دهندگان خدمات مرتبط یا در فضای ابر برای تحلیل داده‌ها به اشتراک گذاشته می‌شوند. رویه فعلی این است که اطلاعات شخصی ساکنین مستقیما بدون حفظ حریم خصوصی در معرض عموم قرار می‌گیرد که بسیار خطرناک است چون ممکن است مجرمان سایبری یا افرادی به صورت ناخواسته فعالیت‌ها یا وضعیت پزشکی ساکنان را شناسایی کنند و تهدیدی برای حریم شخصی ساکنین ایجاد کنند.

مقیاس‌پذیری: مقیاس‌پذیری عامل اصلی گسترش جهانی سیستم مدیریت انرژی خانه هوشمند است. امروزه تقاضای زیادی برای زیرساخت‌های سیستم مدیریت انرژی هوشمند وجود دارد که موجب عملکرد بهتر مدیریت انرژی لوازم خانگی هوشمند شده است. تکنولوژی روشنایی فعلی در بازار تعداد محدودی لامپ روشنایی و لوازم جانبی دارد که می‌توانند به عنوان مثال جایگزین روشنایی سنتی داخل ساختمان که چندان

مورد استفاده قرار نمی‌گیرد شوند. به عنوان مثال حمام، راهرو آشپزخانه، گاراژ و فروشگاه با چراغ‌های مجهر به سنسور حرکتی می‌شوند در حالی که دو نقطه دیگر مانند اتاق نشیمن و اتاق خواب برای مصرف کارآمد انرژی و در نتیجه کاهش صورتحساب مصرف انرژی به چراغ‌های کم نور مجهر می‌شود.

تصویربرداری با استفاده از فقط یک Hue برای این نوع پیکربندی مناسب است زیرا می‌تواند 50 لامپ و 12 دیمر یا سنسور حرکت را کنترل کند. پنج سوئیچ حسگر در پیکربندی اول 47 درصد ظرفیت را دربرمی‌گیرد. شش دیمر، سه عدد در اتاق نشیمن و سه عدد در اتاق خواب، ۹۶ درصد ظرفیت را دربرمی‌گیرد که اضافه کردن لوازم جانبی دیگر در آینده را غیرممکن می‌سازد. اگر ساکنین، سه اتاق خواب، ورودی و درب پشتی با سنسور حرکت داشته باشند چه می‌شود؟ به همین دلیل است که مقیاس‌پذیری در توسعه سیستم مدیریت انرژی خانه هوشمند در کاهش عملکرد فنی و مدیریتی سیستم روشنایی خانه هوشمند اهمیت دارد.

تعامل‌پذیری: سیستم‌های فعلی مدیریت انرژی خانه‌های هوشمند، کارکردهای محدودی برای ساکنان فراهم می‌کنند. به عنوان مثال، سیستم نور هوشمند نمی‌تواند برای تامین امنیت ساکنان با سیستم HVAC یا کنترل دسترسی هوشمند ارتباط برقرار کند. یعنی ساکنانی که دور از خانه هستند نمی‌توانند از طریق سیستم روشنایی هوشمند از وضعیت امنیت خانه مطلع شوند. خانه هوشمند محیطی است که تعدادی لوازم هوشمند از تولیدکنندگان مختلف را بدون به اشتراک‌گذاری پروتکل‌های ارتباطی استاندارد گرد هم آورده است.

تعامل‌پذیری یکی از عواملی است که مانع رشد و توسعه سریع سیستم‌های پیچیده مدیریت انرژی خانه هوشمند با کارکردهای گسترش‌تر می‌شود. این موضوع را می‌توان به عنوان یک مانع زبانی میان لوازم خانه هوشمند بیان کرد. به عنوان مثال ارتباط بین سیستم روشنایی و سیستم HVAC مستلزم درک زبان است و سیستم روشنایی تصویر تنها به زبانی که سازنده آن طراحی کرده است صحبت می‌کند. سیستم HVAC نیز

فقط زبان خود را که توسط سازنده دیگری طراحی شده درک می‌کند. بنابراین برقراری ارتباط با یکدیگر بدون داشتن زبان مشترک برای این لوازم دشوار خواهد بود. برای گسترش سیستم‌های مدیریت انرژی خانه هوشمند با کارکردهای گستردۀ تر این چالش باید برطرف شود. در غیر این صورت رشد آتی سیستم مدیریت انرژی هوشمند به خطر خواهد افتاد.

با این حال پروژه‌ها و پیشنهادات ابتکاری مختلفی با هدف ایجاد درک مشترک میان لوازم خانگی هوشمند در محیط‌های خانه هوشمند ارائه شده است از جمله IEEE P2413، ZigBee Alliance و Z-X10. بدین ترتیب ارائه مدل‌های معماری یکپارچه استاندارد برای پشتیبانی از تعامل پذیری میان انواع لوازم خانگی هوشمند بدون در نظر گرفتن مشخصات یا تولیدکنندگان آنها، رشد جهانی سیستم‌های مدیریت انرژی خانه هوشمند را در آینده افزایش می‌دهد.

امروزه، تقاضای جهانی انرژی با سرعت بیشتری نسبت به نرخ سالانه موردنانتظار در حال افزایش است که ناشی از افزایش جمعیت جهان، تعداد صنایع تولیدی، حمل و نقل، ساختمان و بسیاری از بخش‌های دیگر است. مطالعات نشان می‌دهد که بخش ساختمان به طور متوسط 35 درصد از تقاضای انرژی جهان را به دلیل استاندارد زندگی جدید و پیشرفتۀ افراد در سراسر جهان تشکیل می‌دهد که تأثیر منفی بر قیمت انرژی در بازار دارد و تهدیدی برای رضایت گرمایی ساکنین خانه‌ها است.

سوخت فسیلی 44 درصد از منابع انرژی جهان را تشکیل می‌دهد که در حال حاضر تهدیدی برای ساکنان و محیط زیست است. امروزه تاکید بیشتری بر سایر منابع انرژی مانند انرژی‌های تجدیدپذیر برای مهار انرژی از طبیعت می‌شود که نگرانی‌های کمتری برای گرمایش زمین ایجاد می‌کند و می‌تواند پاسخگوی تقاضای مصرف

انرژی باشد. به دلیل مصرف نامناسب انرژی و شیوه ضعیف اعمال و اجرای کنترل سیاست عملیاتی، بخش ساختمان از جمله بخش‌هایی با تقاضای انرژی و درصد اتلاف انرژی بالا است.

در طول سال‌ها محققان در صنعت و دانشگاه تلاش کرده‌اند این مشکل را از طریق القای منابع انرژی تجدیدپذیر، شبکه هوشمند و راه‌حل‌های **SHEM** برای کاهش تقاضای انرژی، اتلاف انرژی و تامین قابلیت اطمینان انرژی در بخش‌های ساختمانی و ایجاد محیط زندگی سالم و راحت حل کنند. این راه‌حل‌ها فن‌آوری‌های مختلف حسگر مورد استفاده در لوازم خانگی که به شبکه مشترکی برای ایجاد هم‌افزایی برای تسهیل ارتباطات مستقل متصل می‌شوند را پیاده‌سازی می‌کنند.

این مطالعه به بررسی اشکال مختلف فناوری تولید انرژی و نحوه جفت شدن آن با سیستم **SHEM** برای متعادل کردن عرضه و تقاضای انرژی در بخش‌های ساختمان می‌پردازد. این مطالعه نشان می‌دهد که سوخت‌های فسیلی منبع اصلی انرژی جهان بوده و تقاضا برای گسترش و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر برای محدود کردن مشکل گرمایش زمین و ایجاد یک محیط زندگی سالم در حال افزایش است.

به طور مشابه این مطالعه به صورت انتقادی مقالات اخیر درمورد **SHEMS** و کنترل و مدیریت تقاضا و مصرف انرژی لوازم خانگی را تحلیل می‌کند. این تحلیل مروری بر روی تعداد زیادی از مقالات به لحاظ پیش‌بینی خودکار رفتار ساکنین نسبت به مصرف انرژی، پیاده‌سازی زمانبندی‌های ثابت ساکنان، و فناوری پردازش بی‌درنگ داده‌های ساکنین به قطعیت رسیده است. به علاوه این مطالعه مروری دارد بر بازار و محصولات **SHEM** و پیشرفت و چالش‌ها را گزارش می‌دهد.

در نهایت این مطالعه با یافته‌ها و توصیه‌های آتی از مقالات و اشتراکات فعلی درمورد **SHEMS** به پایان می‌رسد از جمله مداخله ویژه برای افزایش سطح بلوغ لوازم خانگی (سرگرمی، آشپزخانه، مبلمان، قفل امنیتی و HVAC) از طریق یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی، افزایش همکاری تحقیقاتی بین صنعت و دانشگاه برای

ایجاد آسایش گرمایی برای ساکنین و بهبود طراحی ساختمان، و فناوری‌های حسگر برای تامین آسایش گرمایی ساکنان در حد قابل قبول. یافته‌های فنی باقی‌مانده تاکید کمتری بر امنیت، حریم خصوصی، مقیاس‌پذیری و ملاحظات تعامل‌پذیری در مورد محصولات فعلی SHEMS نشان می‌دهند.

مکانیزم‌های ارتباطی بی‌سیم قابل اعتماد برای شبکه‌های اینترنت اشیا

IoT (اینترنت اشیا) ویژگی‌های بسیار زیادی دارد و در حوزه‌های کاربردی مختلف برای پایش مستمر فعالیت‌های متعددی استفاده شده است. با این حال، ایجاد یک سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS) و رویکرد ارتباطی قابل اعتماد به طور کلی از مسائل اصلی مرتبط با زیرساخت‌های شبکه‌سازی سنتی و به طور ویژه اینترنت اشیا است. مکانیسم‌های ارتباطی متعددی در متون برای حل این مسائل در شبکه‌های سنتی و با محدودیت منابع گزارش شده است. در این نوشتة، یک رویکرد ارتباطی بی‌سیم بر مبنای مجموعه شبکه‌سازی پارامتریک برای اطمینان از انتقال قابل اعتماد بسته‌ها از مبدأ به مقصد در شبکه‌های اینترنت اشیا ارائه شده است. این رویکرد پیشنهادی، هر دستگاه عضو را به جمع‌آوری داده‌های ارزشمند از دستگاه‌های مجاور محدود می‌کند، ترجیحاً آن‌هایی که دارای حداقل تعداد هاپ هستند، تا مطلوب‌ترین دستگاه مجاور را پیدا کرده و مسیری بهینه برای ارتباط بعدی در شبکه‌های اینترنت اشیا اجرا کند. علاوه بر این، یک سیستم پشتیبانی تصمیم قابل اعتماد و کارآمد ترجیحاً برای سرورها ارائه می‌شود تا داده‌های ضبطشده را قبل از پردازش اصلاح کنند که دقت را افزایش می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی عملکرد استثنایی سیستم پشتیبانی تصمیم پیشنهادی را بر روی مجموعه داده‌های زمان واقعی و پایه از نظر معیارهای مختلف ارزشیابی در شبکه‌های اینترنت اشیا تأیید کرده است، دقت DDS (سیستم پشتیبانی تصمیم) پیشنهادی حدود ۹۵٪ است.

در طول دهه گذشته، پیشرفت‌های تکنولوژیکی در سیستم‌های میکروالکترومکانیکی (MEMS) امکان توسعه سیستم‌های نظارتی دارای حسگر هوشمند را برای محققان و دانشمندان فراهم کرده است. این سیستم‌ها می‌توانند به انسان‌ها در کنترل فرآیندهای مختلف صنعتی و مخصوصاً فعالیت‌های خطرناک کمک کنند. اینترنت اشیا (IoT) شبکه‌ای از این دستگاه‌های C_i ، ترجیحاً حسگرها و محرک‌های مبتنی بر سیستم‌های میکروالکترومکانیکی، با قابلیت‌های خودسازماندهی است. از این شبکه‌های مجهر به اینترنت اشیا برای مکانیزه کردن فعالیت‌های متعدد از طریق سیستم‌های پشتیبانی تصمیم (DSS) در شهرهای هوشمند، مدارهای هوشمند، کشاورزی، مسافت‌سنجی، فرآیندهای کشاورزی و صنعتی و غیره استفاده می‌شود (رحیم و همکاران ۲۰۲۱). هر دستگاه C_i عضو شبکه اینترنت اشیا به‌طور مستقیم با محیط تعامل دارد و داده‌های مطلوب را پس از یک بازه زمانی مشخص ضبط می‌کند که از طریق یک وسیله ارتباطی بی‌سیم به سرور S_j مربوطه منتقل می‌شوند. رویکردهای ارتباطی به کار گرفته شده توسط این دستگاه‌های C_i تک هاپ (اگر دستگاه‌ها در محدوده ارتباط مستقیم قرار دارند) یا چند هاپ (اگر ارتباط مستقیم با مازول سرور S_j مورد نظر غیرممکن است) هستند. عموماً ارتباط تک هاپ بین دستگاه‌های C_i مختلف (ترجیحاً دستگاه سرور و عضو) ساده‌تر از ارتباط

چند هاپ است که در آن دستگاه‌های دیگر به عنوان دستگاه‌های رله در شبکه‌های اینترنت اشیا استفاده می‌شوند. این مکانیسم‌ها باید به اندازه کافی هوشمند باشند تا امکان برقراری ارتباطات همزمان دستگاه‌های C_i مختلف را ترجیحاً با یک مازول S_5 سرو مرترک در شبکه اینترنت اشیا فراهم کنند (جان و همکاران 2020). در متون، رویکردهای ارتباطی مختلفی برای رسیدگی به این موضوع (ترجیحاً با منابع و زیرساخت‌های موجود) و اطمینان از ایجاد جلسات ارتباطی قابل اعتماد بین دستگاه‌های C_i مختلف در شبکه‌های اینترنت اشیا ارائه شده است. رویکردهای ارتباطی بی‌سیم دارای کوتاه‌ترین مسیر برای اطمینان از انتقال یا تحویل موفق بسته‌ها در زیرساخت ارتباطی چند هاپ معرفی شده است. در این مکانیسم‌ها، هر دستگاه C_i ملزم به یافتن و اجرای کوتاه‌ترین مسیر است، مسیری با حداقل هاپ ممکن از مازول‌های مبدأ تا مقصد در شبکه‌های اینترنت اشیا، (چنگ و همکاران 2018). این رویکردها راه حل‌های ایده‌آلی برای سناریوهای یا مناطق کاربردی هستند که در آن‌جا تحویل به موقع داده‌ها در طول عمر دستگاه‌ها یا شبکه‌هایی مانند پایش نظامی یا مرزی ترجیح داده‌می‌شود. این رویکردها برای دستیابی به حداقل نسبت تحویل با حداقل تاخیر ممکن بسیار مفید هستند زیرا بسته‌ها از طریق محتمل‌ترین مسیر در شبکه‌های اینترنت اشیا ارسال می‌شوند. با این حال، مشکل رایج رویکردهای دارای کوتاه‌ترین مسیر این است که دستگاه‌های موجود در این مسیرها با تری داخلی خود را با سرعت بیشتری مصرف می‌کنند. با این حال، زمانی که چندین دستگاه C_i این مسیرها را به اشتراک می‌گذارند، این موضوع چالش برانگیز است. (سینگ 2010). در متون رویکردهای توزیع ترافیک متعددی را برای حل مشکل مرتبط با رویکردهای دارای کوتاه‌ترین مسیر گزارش شده است. معمولاً، این طرح‌ها هر دستگاه را مجبور می‌کنند تا ترافیک کلی را در سراسر شبکه‌های اینترنت اشیا به‌طور یکسان توزیع کنند. انرژی باقیمانده E_R یکی از معیارهای رایجی است که دستگاه‌های مختلف در انتخاب دستگاه رله مناسب در شبکه‌های اینترنت اشیا استفاده می‌کنند (لوید و همکاران 2017، کیم 2016، کمال و حمید 2017، ساری و کاگلار 2018). یک رویکرد توزیع ترافیک غیرتصادفی در مطالعه خان (2019) و ژنگ و همکاران (2020) ارائه شد که در آن هر دستگاهی موظف است تا آسیب‌پذیری دستگاه‌های مجاور خود را محاسبه کند. هر دستگاه منبع باید بسته‌ها را از طریق مسیرها یا دستگاه‌های مجاوری منتقل یا ارسال کند که در آن‌ها احتمال وجود دستگاه‌های آسیب‌پذیر اگر صفر نیست ترجیحاً کم باشد. برای این منظور، آسیب‌پذیری یا بحرانی‌بودن دستگاه‌های مجاور قبل از عملیاتی‌شدن شبکه محاسبه می‌شود و بنابراین، هر دستگاه اطلاعاتی در مورد مجاورت خود دارد. به همین ترتیب، رویکرد مشابهی با معیارهای مختلف پارامتر و آمارهای عملیاتی در مطالعه خان و همکاران (2019) ارائه شد که در آن چهار مسیر بهینه شناسایی شدند. سپس دستگاه‌های عضو را محدود کردند تا دو مورد از بهینه‌ترین مسیرها را تا آستانه خاصی از با تری داخلی خود برای ارتباط استفاده کنند. با این حال، مشکل رایج مرتبط با این رویکردها چگونگی تحقق فرآیند محاسباتی آسیب‌پذیری است که در زیرساخت‌های شبکه اینترنت اشیا واقع‌بینانه به نظر نمی‌رسد.

علاوه بر زیرساخت‌های مسطح شبکه‌سازی، نوری و شریفیان (2020) مکانیسم‌های ارتباطی بی‌سیم سلسله‌مراتبی یا درختی برای حل مشکلات منطقه پوشش، دامنه ارتباطی محدود، بار روی دستگاهی خاص و

استفاده از باتری‌های داخلی در شبکه‌هایی با قابلیت اینترنت اشیا معرفی کرده‌اند. در این رویکردها، هر دستگاه معمولی باید نزدیکترین عضو سرگروه (CH) در شبکه با منابع محدود باشد. گره‌های عضو می‌توانند به‌طور مستقیم با سورور مورد نظر یا مژول سرگروه ارتباط برقرار کنند زیرا این گره‌ها در نزدیکی سرگروه مربوطه مستقر هستند. علاوه بر این، سرگروه ممکن است به‌طور مستقیم (اگر در محدوده مورد انتظار ارتباط بی‌سیم مژول گیرنده مستقر است) یا از طریق سایر مژول‌های سرگروه نزدیک‌تر با ایستگاه پایه ارتباط برقرار کند. با این حال، مسائل مختلفی به شدت با این رویکردها همراه هستند، مانند شکست یک سرگروه (CH) یا انتقال بسته‌ها به‌طور همزمان به یک مژول مشترک مقصود، فرآیند انتخاب سرگروه، دستگاه‌های معمولی و دستگاه‌های سرگروه در شبکه‌های اینترنت اشیا. جدای از توزیع ترافیک، طراحی و ایجاد یک سیستم پشتیبانی تصمیم قابل اعتماد مسئله چالش برانگیزی است. یک سیستم پشتیبانی تصمیم با کمک فناوری برای نظارت بر باغ‌های پرتقال جهت خودکارسازی فعالیت آبیاری در مطالعه خان و همکاران (2018) ارائه شد. گره‌های حسگر در زمین کشاورزی مستقر شدند تا داده‌های زمان واقعی را ضبط کنند و داده‌های ضبط شده را پس از یک بازه زمانی مشخص با ایستگاه پایه به اشتراک بگذارند. علاوه بر این، یک سیستم پشتیبانی تصمیم در سمت سورور برای اطمینان از تشخیص به موقع نقشه پیاده‌سازی شد. اگرچه این رویکرد به طور موثری فعالیت آبیاری را خودکار کرده است، اما مشخص نکرده که در صورت افزایش تعداد سنسورهای مستقر شده سیستم چه واکنشی نشان خواهد داد، چون در حال حاضر سه سنسور عملیاتی در زمین قرار دارند. بنابراین، نیاز است تا یک رویکرد ارتباطی قابل اعتماد و کارآمد برای رسیدگی به بسیاری از مسائل ذکر شده در بالا در ارتباط با طرح‌های موجود ایجاد شود. علاوه بر این، این رویکرد باید با سیستم پشتیبانی تصمیم ادغام شود تا فعالیت‌های مختلف در شبکه‌های اینترنت اشیا را خودکار کند.

در این نوشه، یک ارتباط قابل اعتماد مجهز به سیستم پشتیبانی تصمیم برای اطمینان از تحويل به موقع داده‌های ضبط شده با حداقل تاخیر ممکن ارائه شده است. سیستم پشتیبانی تصمیم به اندازه کافی هوشمند است تا زمانی که با مقدار آستانه مطابقت دارد، مژول مربوطه را فعال کند. در ابتدا، سیستم پیشنهادی با محدود کردن هر دستگاه عضو برای انتقال از طریق بهینه‌ترین مسیرهای موجود در شبکه‌های اینترنت اشیا، تحويل به موقع داده‌های ضبط شده را تضمین می‌کند. ثانیاً، سیستم پشتیبانی تصمیم به اندازه کافی هوشمند است تا در صورت برآورده شدن الزامات، واحد مربوطه را فعال کند. محتوای این کار پژوهشی عبارتند از:

1. یک رویکرد ارتباطی بی‌سیم جدید با کمترین تاخیر ممکن و بالاترین میانگین نسبت تحويل بسته برای شبکه‌های اینترنت اشیا.

2. مکانیزمی برای وادار کردن هر دستگاه عضو، C_i ، برای انتقال بسته‌های خود از طریق بهینه‌ترین مسیرها یا دستگاه‌های مجاور در یک شبکه مجهز به اینترنت اشیا.
3. ایجاد سیستم پشتیبانی تصمیم هوشمند برای شبکه اینترنت اشیا جهت اطمینان از فعال‌سازی واحد مربوطه.

ادامه نوشته طبق الگوی زیر سازماندهی شده است. در بخش 2، مروری بر متون به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرد. در بخش 3، طرح پیشنهادی و به دنبال آن نتایج و بحث در بخش 4 ارائه می‌شود. در نهایت، نوشته در بخش 5 نتیجه گیری شده است.

2. مروری بر متون

در این بخش، یک مرور متون جامع در مورد ارتباطات قابل اعتماد ارائه شده تا تحويل به موقع داده‌های ضبطشده را با حداقل تاخیر سرتاسری ممکن در شبکه‌های مجهز به اینترنت اشیا تضمین کند (ولیند و همکاران 2019). رویکردهای ارتباط بی‌سیم کم‌هزینه یا دارای کوتاه‌ترین مسیر برای حل مشکلات ذکر شده در بالا معرفی شدند و در حوزه کاربرد نظامی شبکه‌های اینترنت اشیا بسیار رایج هستند. در این رویکردها، دستگاه‌های عضو یا گره‌های حسگر موظفند بهینه‌ترین مسیر را (ترجمیحاً با حداقل تعداد هاپ ممکن) پیدا کنند و آن را تا سرور مورد نظر یا مژول سرگروه پیش ببرند. طول عمر شبکه و گره‌های معمولی از جمله مسائل رایج مرتبط با این رویکردها هستند. اگر چندین گره حسگر (ترجمیحاً مژول‌های منع) مسیر مشترکی را در شبکه عملیاتی محدودیت منابع به اشتراک بگذارند، این موضوع پیچیده‌تر می‌شود.

یک رویکرد جایگزین، یعنی توزیع یکنواخت ترافیک، یکی از رویکردهای ایده‌آل برای افزایش طول عمر گره‌ها و شبکه‌ها است. بنابراین، یک طرح گرادیان توزیع ترافیک و ارتباطات برای رسیدگی به مسئله طول عمر شبکه‌هایی با منابع محدود معرفی شد. در این مکانیسم، سرگروه یا سینک موظف است یک مسیر ارتباطی ممکن پیدا کند و دستگاه‌های عضو خود را مجبور به استفاده از آن برای ارتباط بعدی با BS یا سرگروه کند. این فرآیند به طور مداوم اجرا می‌شود مگر اینکه یک یا چند دستگاه عضو با تری داخلی خود را به طور کامل مصرف کنند (چنگ و همکاران 2014). از آنجایی که رویکردهای دارای کوتاه‌ترین مسیر به یک مسیر ارتباطی اختصاصی متکی هستند، طول عمر آن‌ها کوتاه است زیرا گره‌های حسگر ساکن در این مسیرها انرژی خود را با سرعت بیشتری مصرف می‌کنند و بنابراین نمی‌توانند مطابق با آن عمل کنند. هنگامی که مسیری در معرض خطر قرار می‌گیرد، مژول مربوطه مسیر بهینه دیگری را پیدا کرده و آن را برای ارتباط بعدی در زیرساخت‌های شبکه‌سازی عملیاتی اجرا می‌کند. با این حال، انتخاب و تقویت مسیر جایگزین محتمل پیچیده و زمانبر است. یک رویکرد غیرتصادفی توزیع ترافیک شبکه در مطالعه خان (2019) و ژنگ و همکاران (2020) ارائه شد که در آن هر دستگاه عضو موظف است آسیب‌پذیری یا میزان بحرانی بودن را محاسبه کند. میزان بحران به صورت حساسیت شبکه از لحظه اتصال طولانی‌تر دستگاه‌های مجاور آن تعریف می‌شود. هر دستگاه منبع باید بسته‌ها را از طریق مسیرها یا دستگاه‌های مجاوری منتقل یا ارسال کند که در آن‌ها احتمال وجود دستگاه‌های آسیب‌پذیر اگر صفر نیست ترجیحاً کم باشد. برای این منظور، آسیب‌پذیری یا بحرانی بودن دستگاه‌های مجاور محاسبه می‌شود، یک فرآیند محاسباتی یک مرحله‌ای که تنها یک بار به محض استقرار شبکه، قبل از عملیاتی شدن شبکه انجام می‌شود. بنابراین هر دستگاه اطلاعاتی در مورد پیرامون خود دارد.

به همین ترتیب، رویکرد مشابهی با معیارهای مختلف پارامتر و آمارهای عملیاتی در مطالعه خان و همکاران (2019) ارائه شد که در آن چهار مسیر بهینه شناسایی شدند. سپس دستگاههای عضو را محدود کردند تا دو مورد از بهینه‌ترین مسیرها را تا آستانه خاصی از باتری داخلی خود برای ارتباط استفاده کنند. با این حال، یک مشکل رایج با این رویکردها، تحقق فرآیند محاسباتی آسیب‌پذیری است که در زیرساخت‌های شبکه‌سازی اینترنت اشیا غیرواقعی به نظر می‌رسد. به همین ترتیب، یک رویکرد توزیع ترافیک مبتنی بر الگوریتم رشد حریصانه برای اطمینان از توزیع یکنواخت ترافیک در سراسر شبکه ارائه شد (کیم و همکاران 2008). به طور مشابه، تورای و همکاران (2012) یک مکانیسم توزیع غیرتصادفی ترافیک یا بار را برای تضمین انتقال بسته‌ها به‌طور یکنواخت در مسیرهای متعدد موجود در زیرساخت شبکه‌سازی محدودیت‌گرا ارائه کرده‌اند. این رویکردهای توزیع ترافیک در مناطق کاربردی بسیار خوب هستند که اولویت طول عمر شبکه بالاتر از زمان تحويل مورد انتظار داده‌های ضبط شده است. علاوه بر این، این مکانیسم‌ها میانگین نسبت تحويل بسته تقریباً کمتری از کل بسته‌های ارسالی در شبکه‌های عملیاتی دارند. به همین ترتیب، لیو و همکاران (2019) رویکرد ارتباطات بی‌سیم مبتنی بر مسیرهای متعدد را معرفی کردند که در آن مکانیسم طبیعت الهام‌بخش برای یافتن مسیرهای ارتباطی بی‌سیم قابل اعتماد به کار گرفته شده است، این روش برای هر دستگاه عضو تکرار می‌شود.

دافلپورکار و همکاران (2017) یک استراتژی توزیع ترافیک را که بر اساس ساختار داده درختی است برای افزایش طول عمر شبکه‌های مهم معرفی کردند. در این رویکرد، هر گره یا دستگاه برگ مجبور است یکی از گره‌های والد را به عنوان گره رله خود انتخاب کند، که مسئول ارسال داده‌های ضبطشده خود به مازول مقصد مربوطه خواهد بود. انتخاب گره والد رله تابع انرژی باقیمانده و میانگین نسبت تحويل بسته دستگاه مربوطه در شبکه عملیاتی است. با این حال، مسئله چالش برانگیزی که به شدت با این رویکردها همراه است، شکست گره رله مربوطه است، به عنوان مثال، شکست تک نقطه‌ای، که منجر به پارتیشن‌بندی کل شبکه می‌شود. شاه و همکاران (2002) یک رویکرد توزیع ترافیک احتمالی و آگاه از انرژی را برای این موارد معرفی کردند. این مکانیسم به‌طور قابل توجهی طول عمر شبکه‌هایی با منابع محدود را با حداقل سربار اضافی ممکن افزایش داده است. به همین ترتیب، سی. شروگر و همکاران (2001) سه راه مختلف، یعنی تصادفی، مبتنی بر جریان و مبتنی بر انرژی را برای توزیع ترافیک در مسیرهای مختلف موجود توصیف کرده و به طور کامل بررسی کرده‌اند که کدام مکانیسم پتانسیل افزایش طول عمر شبکه‌های مهم را با منابع موجود دارد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که توزیع ترافیک مبتنی بر انرژی برای شبکه‌هایی با محدودیت منابع ایده‌آل است. یوسف و همکاران و خالد و همکاران (2018) یک مکانیسم توزیع ترافیک وزن‌دار و دارای مسیر بهینه را برای اطمینان از چگونگی توزیع یکنواخت ترافیک معرفی کردند. اگرچه روش‌های مختلفی که در اینجا مورد بحث قرار گرفتند، مشکلات افزایش طول عمر را حل کرده‌اند، اما این رویکردها معیارهای مختلف عملکردهای دیگر را به خطر انداخته‌اند، مانند تاخیرهای سرتاسری.

لی و همکاران (2019) مکانیسم توزیع ترافیک کلنی مورچه‌ها را معرفی کردند که در آن از یک مکانیسم شبکه‌تصادفی برای یافتن مسیری بهینه استفاده می‌شود. علاوه بر این، این رویکرد برای افزایش دنباله فرومون و

یکنواخت‌سازی مصرف انرژی مناسب است. به طور مشابه، یک طرح رادیویی، که رویکردی فرصت‌طلبانه است، برای به حداقل رساندن سربار مصرف انرژی در شبکه‌های عملیاتی استفاده می‌شود. به همین ترتیب، ادیل و همکاران (2020) استراتژی توزیع ترافیک مبتنی بر انرژی و گره مقیاس را برای توزیع یکنواخت ترافیک در سراسر شبکه معرفی کردند. با این حال، نسبت گره مقیاس و استقرار آن‌ها از جمله مسائل چالش برانگیز مرتبط با این مکانیسم است. در نهایت، آیسا و همکاران و بن و همکاران (2019) یک مکانیسم توزیع ترافیک مبتنی بر مسیر و فاصله را برای حل مسائل فوق الذکر معرفی کردند. اما، این مورد فقط در زیرساخت‌های بنای بسته موثر است. علاوه بر زیرساخت‌های مسطح شبکه سازی، نوری و شریفیان (2020) مکانیسم‌های ارتباطی بی‌سیم سلسله مراتبی یا درختی را برای حل مشکلات ناحیه پوشش، دامنه ارتباطی محدود، بارهای روی یک دستگاه خاص و استفاده (ترجیحاً کارآمد) از باتری‌های داخلی در شبکه‌های مجهز به اینترنت اشیا معرفی کردند. در این رویکردها، هر دستگاه معمولی ملزم به عضویت در نزدیکترین سرگروه (CH) در شبکه با منابع محدود است. گره‌های عضو می‌توانند به طور مستقیم با سرور مورد نظر یا مژول سرگروه ارتباط برقرار کنند زیرا این گره‌ها در نزدیکی سرگروه مربوطه مستقر هستند. علاوه بر این، سرگروه ممکن است به طور مستقیم (اگر در محدوده مورد انتظار ارتباط بی‌سیم مژول گیرنده مستقر است) یا از طریق سایر مژول‌های سرگروه نزدیک‌تر با ایستگاه پایه ارتباط برقرار کند. با این حال، مسائل مختلفی به شدت با این رویکردها همراه هستند، مانند شکست یک سرگروه (CH) یا انتقال بسته‌ها به طور همزمان به یک مژول مشترک مقصداً، فرآیند انتخاب سرگروه، دستگاه‌های معمولی و دستگاه‌های سرگروه در شبکه‌های اینترنت اشیا (راجارام و کوماراتاران 2020). راجپوت و ویودی (2020) رویکرد گروه‌بندی مبتنی بر ویژگی‌های چندگانه باز متعادل و بهینه برای افزایش طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم عملیاتی را پیشنهاد دادند. اما، پیچیدگی یک مسئله رایج مرتبط با این طرح‌ها است. اکثر این طرح‌ها دارای مسائل مختلفی هستند، به عنوان مثال، اختصاصی بودن برنامه کاربردی، پیچیدگی پوشش و گرانی به دلیل تغییر در زیرساخت‌های تکنولوژیکی موجود. بنابراین، یک زیرساخت ارتباطی قابل اعتماد با سیستم مناسب پشتیبانی تصمیم برای حل این مسائل، به ویژه منابع موجود، نیاز است.

3. روشن پیشنهادی: ارتباطات مبتنی بر مجموعه برای شبکه‌های اینترنت اشیا

این بخش شرح مفصلی از مکانیسم ارتباطی بی‌سیم پیشنهادی با قابلیت مجموعه پارامتری ارائه می‌کند که به طور خاص برای شبکه‌های اینترنت اشیا طراحی شده‌اند. طرح پیشنهادی به هر دستگاه C_i عضو در شبکه‌های اینترنت اشیا امکان می‌دهد تا به حداقل میانگین نسبت تحويل بسته با حداقل نسبت تحويل سرتاسری ممکن دست یابند. علاوه بر این، هر دستگاه C_i موظف است اطلاعات ارزشمند را از دستگاه‌های C_i مجاور جمع‌آوری کند تا مسیری کم‌هزینه برای ارتباط بعدی با سرور مورد نظر یا مژول S_j ایستگاه پایه در شبکه‌های اینترنت اشیا انتخاب و اجرا کند. طرح پیشنهادی شامل سه فاز (1) مرحله کشف تعداد هاپ، (2) مرحله جمع آوری اطلاعات و شناسایی مسیر (3) مرحله ارتباط است. شرح مفصلی از این مراحل در زیر ارائه شده است.

3.1. مرحله یافتن تعداد هاپ در شبکه‌های اینترنت اشیا

در این مرحله، مژول سرور یا ایستگاه پایه S_j باید یک پیام کنترلی را ترجیحاً به شکل یک بسته ارسال کند، که در آن مقدار پارامتر تعداد هاپ به صورت $H_c = \text{Msg}_{hc}$ در بار مفید محاسبه می‌شود. عموماً این پیام را دستگاه‌های C_i مستقر در ناحیه تحت پوشش مستقیم مژول فرستنده سرور مربوطه دریافت می‌کنند که مطابق با اندازه‌گیری فاصله اقلیدسی است که در معادله ۱ توضیح داده شده است.

$$\begin{cases} \forall_{i=0 \dots n} \frac{\sqrt{(C_{x_i} - C_{x_{i+1}})^2 + (C_{y_i} - C_{y_{i+1}})^2}}{(x_i + y_j)} < \delta \\ \exists_{i=0 \dots n} \frac{\sqrt{(C_{x_i} - C_{x_{i+1}})^2 + (C_{y_i} - C_{y_{i+1}})^2}}{(x_i + y_j)} == \delta \end{cases} \quad (1)$$

که C_i و C_{i+1} دستگاه‌های مجاور را ترجیحاً با مقادیر هاپ متفاوت در شبکه اینترنت اشیا نشان می‌دهد. دستگاه‌های C_i تعداد هاپ مژول S_j سرور مربوطه را ذخیره می‌کنند و مقدار پارامتر تعداد هاپ را به ۱ به روزرسانی می‌کنند، یعنی $H_c = 1$. علاوه بر این، دستگاه‌های C_i منتظر بازه زمانی تعریف شده هستند، یعنی زمان مورد نیاز برای دریافت چنین پیامی از تمامی دستگاه‌های مجاور، ترجیحاً آن‌ها بی که مقادیر هاپ مشابهی دارند، مطابق معادله ۲.

$$T_{\text{wait}} = \sum_{i=0}^m (T_b + T_p + T_d) \mid (C_i \in \text{Neighbors}) \quad (2)$$

که m نشان دهنده مجاورت با دستگاه خاص است و T_b زمان انتظاری است که یک دستگاه C_i باید قبل از پخش بسته خود منتظر بماند. به همین ترتیب، پارامترهای T_p و T_d به ترتیب زمان انتشار و میانگین تاخیر انتقال را نشان می‌دهند. به محض اتمام زمان انتظار، دستگاه مربوطه آماده پخش پیام به روز شده است. با این حال، باید ارسال این بسته را تا پایان زمان انتظار T_b به تعویق انداخت، همانطور که در معادله ۳ نشان داده شده است مقادیر H_c آن‌ها بر این اساس محاسبه شده و نسخه به روز شده Msg_{hc} را پخش می‌کند یعنی با مقدار $H_c = 1$. یک رویکرد مبتنی بر تایمر انتظار برای به حداقل رساندن احتمال برخورد به کار گرفته شده که هر گره C_i بسته‌های خود را نگه می‌دارد تا زمانی که تایمر انتظار به پایان برسد. تایمر انتظار به طور تصادفی با استفاده از معادله ۳ انتخاب می‌شود.

$$T_b(C_i) = \text{rand}(0 - 1000) \text{ u sec} \quad (3)$$

تایمر انتظار برای اطمینان از انتقال بدون برخورد بسته‌ها استفاده می‌شود زیرا به احتمال زیاد چندین دستگاه مجاور هم به طور همزمان این بسته Msg_{hc} را دریافت و به روز می‌کنند. بنابراین در مکانیسم پیشنهادی، تایمر انتظار T_b استفاده می‌شود تا مانع برخورد ناشی از انتقال همزمان بسته‌ها شود. علاوه بر این، اگر برخوردی

تشخیص داده شود، هر دو دستگاه باید روش ذکر شده در بالا را تکرار کنند. این مکانیسم، یعنی دریافت و بهروزرسانی Msg_{hc} ، بارها توسط هر دستگاهی در شبکه‌های اینترنت اشیا عملیاتی اعمال می‌شود و تا زمانی ادامه می‌باید که آخرین دستگاه C_i عضو این رویه را تکرار کند. بنابراین، هر دستگاه C_i زیرمجموعه اینترنت اشیا تعداد هاپ خود را محاسبه کرده و به طور مساوی تعداد هاپ دستگاه‌های C_i مجاور را در شبکه‌های اینترنت اشیا دریافت کرده است.

3.2 مرحله جمع‌آوری داده و شناسایی مسیر در شبکه اینترنت اشیا

در این مرحله، هر دستگاه C_i باید اطلاعات ارزشمند در مورد دستگاه‌های C_i مجاور جمع‌آوری کند که برای یافتن بهینه‌ترین یا کم‌هزینه‌ترین مسیر در شبکه‌های اینترنت اشیا استفاده می‌شود. برای این منظور، دستگاه‌های C_i با مقدار هاپ 1 یک پیام Msg_{data} با سه پارامتر مختلف مانند چندین دستگاه N_k مجاور تولید می‌کنند، زمان چرخش TAT در معادله 4 و نشانگر قدرت سیگنال دریافتی (RSSI) در معادله 6 نشان داده شده است. بعلاوه، این دستگاه‌ها باید از تایمراه‌های انتظار استفاده کنند تا احتمال برخورد را به حداقل برسانند که در معادله 3 نشان داده شد.

$$TAT(C_i) = 2 * T_p(C_i, C_{i-1}) \quad (4)$$

با این حال، نسبت اتلاف مسیر دستگاه C_{i+1} مجاور مورد نظر باید با استفاده از معادله 5 محاسبه شود.

$$P(d) = P(d_0) - 10n \log \frac{d}{d_0} - X_\sigma \quad (5)$$

که $P(d)$ نشان‌دهنده میانگین نسبت اتلاف مسیر است که یک پارامتر مهم در محاسبه مقدار نشانگر قدرت سیگنال دریافتی یک دستگاه C_i خاص در شبکه‌های اینترنت اشیا عملیاتی است. به محض اینکه مقدار $P(d)$ محاسبه شد، برای یافتن نشانگر قدرت سیگنال دریافتی دستگاه C_{i+1} مجاور از معادله 6 استفاده می‌شود.

$$RSSI(S_j) = P_t - P_{loss}(d) \quad (6)$$

هر دستگاه C_i مجاور، ترجیحاً آن‌هایی که در محدوده ارتباط مستقیم دستگاه منبع قرار دارند، این پیام را دریافت می‌کنند و نسخه به روز شده‌ای از این پیام را تولید می‌کنند که مقادیر مختلف پارامترها در Msg_{data} ذکر شده‌است. با این حال، این دستگاه‌های C_i بلاfacسله پیام‌های خود را ارسال نمی‌کنند، بلکه منتظر می‌مانند تا تایمر انتظار به پایان برسد که در معادله 3 نشان داده شد. بنابراین، هر دستگاه عضو شبکه اینترنت اشیا عملیاتی این مکانیسم را به طور مکرر برای جمع‌آوری اطلاعات دستگاه‌های مجاور اعمال می‌کند. هنگامی که یک دستگاه C_i اطلاعات مطلوب در مورد دستگاه‌های همسایه خود جمع‌آوری کرد، دستگاه C_i بهینه مجاور با استفاده از معادله 7 انتخاب می‌شود.

$$C_{\text{opt}} = \min \left(\sum_{i=1}^l (H_c + N_k + TAT + RSSI) \right) \mid C_i \in \text{Neighborhood}$$

(7)

که در آن ۱ نشان‌دهنده دستگاه‌های مجاور دستگاه منبع C_i مربوطه در شبکه اینترنت اشیا است. لازم به ذکر است که این پارامترها مقادیر متفاوتی دارند، بنابراین باید این مقادیر را قبل از جاگذاری در معادله ۷ نرمال کرد. با استفاده ازتابع زیر می‌توان نرمال‌سازی این پارامترها را انجام داد.

$$x_{\text{norm}} = \frac{x - x_{\text{min}}}{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}} \quad (8)$$

که در آن x_{norm} , x_{max} و x_{min} برای نشان دادن مقادیر نرمال، حداقل و حداکثر به صورت ثابت استفاده می‌شوند.

به محض اینکه هر دستگاه C_i , دستگاه بهینه مجاور خود را پیدا کند، این دستگاه را با سایر دستگاه‌های مجاور در شبکه‌های اینترنت اشیا به اشتراک می‌گذارد. بنابراین، هر دستگاه C_i منبع با استفاده از معادله ۹ یک مسیر بهینه پیدا می‌کند.

$$O_{\text{path}} = \text{Min} \left(\sum_{i=0}^n C_{\text{opt}} \right) \quad (9)$$

بنابراین، هر دستگاه C_i بهینه‌ترین مسیر را پیدا می‌کند (در این مورد ترجیحاً مسیر کم‌هزینه) و آن را برای ارتباط بعدی، یعنی انتقال بسته‌ها، اجرا می‌کند.

مرحله ارتباط در شبکه اینترنت اشیا

هر دستگاه C_i ("X") داده‌های مورد نیاز را در اثر تعامل با پدیده در این مرحله دریافت می‌کند. دستگاه X باید این داده‌ها را به ماژول سرور، مثلاً سرور "Y", از طریق بهینه‌ترین مسیر انتخاب و اجرا شده در مرحله قبل ارسال کند. به محض اینکه دستگاه X مقدار داده را دریافت و یک بسته تولید کرد، گام بعدی اطمینان از ارسال بدون برخورد این بسته است. برای این منظور، همانطور که در مرحله قبل توضیح داده شد دستگاه X با استفاده از معادله ۳ یک عدد تصادفی تولید می‌کند و منتظر می‌ماند تا بازه زمانی T_b به پایان برسد. از آن جایی که احتمال زیادی وجود دارد که یک دستگاه دیگر ارتباطی با دستگاه مجاور مربوطه شروع کند، یا شاید دستگاه C_{i+1} دیگری همین مسیر را که دارای کمترین هزینه است با دستگاه X منبع به اشتراک بگذارد وجود تایم‌انتظار ضروری است. به منظور اجتناب از برخورد یا کاهش احتمال آن، پارامتر تایم‌انتظار در شبکه‌های

عملیاتی اینترنت اشیا استفاده می‌شود. انتقال مجدد مکانیسمی پرهزینه است زیرا با توجه به معادله 10 به طور مستقیم با میانگین توان عملیاتی شبکه‌ها در ارتباط است.

$$R_{\text{avg}} = \frac{\sum_{i=0}^m (Y_i)}{\sum_{i=0}^n (T_x + P_{rT_x})} \quad (10)$$

که P_{rT_x} , T_x , R_{avg} , Y_i و C_i به ترتیب میانگین توان عملیاتی، بسته‌های با موفقیت ارسال شده، ارسال بسته‌ها و ارسال مجدد آن‌ها را نشان می‌دهند. بنابراین، طرح پیشنهادی هر دستگاه C_i را مجبور می‌کند تا قبل از انتقال داده‌های واقعی در شبکه اینترنت اشیا منتظر پایان تایم‌انتظار بمانند. علاوه بر این، اگر برخورد تشخیص داده شود، هر دو دستگاه مجبور می‌شوند به طور مکرر روش ذکر شده در بالا را اجرا کنند تا با استفاده از یک مکانیسم ارتباطی چند هاپ از تحویل موفق و بدون برخورد داده‌های ضبط شده اطمینان حاصل کنند. همانطور که در معادله 11 نشان داده شده، اگر دو یا چند دستگاه به طور همزمان ارتباطی را با یک دستگاه مشترک مقصد آغاز کنند، ممکن است برخورد رخ دهد.

$$Tx_{C_i} + \sum_{i=1}^4 (\text{delay})(C_i) == Tx_{C_{i+1}} + \sum_{i=1}^4 (\text{delay})(C_{i+1}) \quad (11)$$

که در آن T_x و delay نشان دهنده زمان انتقال و تاخیر سرتاسری هستند. رویکرد پیشنهادی، تا زمانی که یک یا چند دستگاه باتری داخلی خود را به طور کامل مصرف می‌کنند، هر دستگاه C_i را به استفاده از مسیرهای شناسایی شده در مرحله قبل محدود می‌کند. در این سناریوها، یک دستگاه C_i منبع باید روشی را که در بالا ذکر شد تکرار کند تا مسیر بهینه دیگری را پیدا کرده و آن را برای ارتباط بعدی در شبکه‌های اینترنت اشیا اجرا کند.

3.4. الگوریتم کشف تعداد هاپ در شبکه اینترنت اشیا

پارامتر تعداد هاپ نقش حیاتی در ایجاد یک رویکرد ارتباطی کارآمد و قابل اعتماد دارد. بنابراین، یک الگوریتم ساده شده، مثل الگوریتم 1، برای مرحله کشف تعداد هاپ همانطور که در بخش قبل توضیح داده شد، در زیر ارائه شده است. به همین ترتیب، الگوریتم پیشنهادی دارای مجموعه پارامتری، مثل الگوریتم 2، برای یافتن و اجرای مسیر بهینه یا کم‌هزینه در زیر ارائه شده است، که فرض می‌شود در آن مرحله کشف هاپ با موفقیت تکمیل شده است. علاوه بر این، دستگاه‌های عضو مایل به همکاری و به اشتراک‌گذاری اطلاعات ارزشمند با سایر دستگاه‌های مجاور در شبکه عملیاتی اینترنت اشیا هستند.

الگوریتم پیشنهادی مسیر بهینه یا کم‌هزینه‌ترین، در این مورد الگوریتم 3، در زیر نشان داده شده که ارتباط قابل اعتماد بین دستگاه‌های مبدا و مقصد را در شبکه اینترنت اشیا تضمین می‌کند.

الگوریتم ۱. الگوریتم کشف تعداد هاپ در شبکه های اینترنت اشیا

نیازمند: تعداد هاپ دستگاه های C_i عضو زیرمجموعه اینترنت اشیا

تضمین: مقدار تعداد هاپ برای هر دستگاه C_i زیرمجموعه اینترنت اشیا

- 1: مژول S_j سرور
 - 2: تولید Msg_{hc}
 - 3: تنظیم $H_c \leftarrow 0$
 - 4: ارسال Msg_{hc}
 - 5: برای $i = 0$ تا n انجام دهید
 - 6: اگر $(H_c(Msg_{hc}) > H_c(C_i))$ سپس $(H_c(Msg_{hc}) > H_c(C_i))$ اگر
 - 7: تنظیم $H_c \leftarrow H_c(Msg_{hc} + 1)$
 - 8: اگر $(T_b == 0)$ سپس $(T_b == 0)$ اگر
 - 9: ارسال Msg_{hc}
 - 10: بعد از آن
 - 11: صبر کنید تا T_b به پایان برسد
 - 12: خاتمه دهید اگر
 - 13: سپس $(H_c(Msg_{hc}) <= H_c(C_i))$ دیگر اگر
 - 14: Msg_{hc} را نادیده بگیرید
 - 15: خاتمه دهید اگر
 - 16: خاتمه دهید برای
 - 17: به H_c برگردید
 - 18: کشف تعداد هاپ را خاتمه دهید
 - 19: پایان
-

الگوریتم ۲. رویکرد ارتباطی بی‌سیم با قابلیت مجموعه پارامتری پیشنهادشده

نیازمند: مسیر بهینه یا با کمترین هزینه در شبکه عملیاتی اینترنت اشیا که $C_i \in IoT$

تصمیم: مسیر بهینه از دستگاه C_i متوجه به S_j مقصد در شبکه های اینترنت اشیا

- 1: RSSI (C_i) $\leftarrow C_i$ ۰
 - 2: TAT $\leftarrow 0$
 - 3: تعداد دستگاه های مجاور $N_k \leftarrow 0$
 - 4: $H_c \leftarrow 0$
 - 5: دستگاه منبع C_i ()
 - 6: تولید شده یا دریافت شده \leftarrow بسته
 - 7: $H_c = 1$ الگوریتم
 - 8: $C_{opt} =$ کشف دستگاه های مجاور $(N_k, TAT, RSSI(C_{i+1}))$
 - 9: $OpyC_i \rightarrow$ کمترین ($H_c = +C_{opt}$)
 - 10: \rightarrow بسته $\rightarrow C_{opt}$
 - 11: خاتمه دستگاه منبع
 - 12: بهینه سازی کشف دستگاه مجاور $(N_k, TAT, RSSI(C_{i+1}))$
 - 13: $C_{opt_{cur}} \leftarrow \infty$
 - 14: سپس ($E_r(C_i) > 20\%$) اگر
 - 15: انجام دهید برای $C_i \leftarrow 0$ to n
 - 16: $C_{opt} \leftarrow N_k + TAT + RTT(C_i)$
 - 17: سپس اگر ($C_{opt} < C_{opt_{cur}}$)
 - 18: $C_{opt_{cur}} \leftarrow C_{opt}$
 - 19: سپس ($C_{opt} = C_{opt_{cur}}$) دیگر اگر
 - 20: $C_{opt_{cur}} \leftarrow$ نصادری ($C_{opt_{cur}}, opt_{cur}$)
 - 21: سازی خاتمه دهید اگر
 - 22: خاتمه دهید برای
 - 23: برگردید $C_{opt_{cur}}$ به
 - 24: بهینه سازی کشف دستگاه مجاور را خاتمه دهید
 - 25: پایان
-

الگوریتم ۳. الگوریتم اجرای مسیر بهینه

نیازمند: دستگاه‌های بهینه عضو $C_i \in IoT$

تضمین: کم هزینه‌ترین مسیر $(C_i \in IoT)$

- 1: دستگاه C_i منبع
 - 2: $Msgdata$ تولید
 - 3: $Opt(C_i) \leftarrow 0$ تنظیم
 - 4: $Msghc$ ارسال
 - 5: انجام دهید $Ci + 1 \leftarrow 0$ تا n برای
 - 6: $Opt(C_i \leftarrow Opt(C_{i..k})$ تنظیم
 - 7: سپس $T_b = 0$ اگر
 - 8: $Msgdata$ ارسال نسخه به روز شده
 - 9: سپس $T_b = 0$ دیگر
 - 10: صبر کنید تا T_b به پایان برسد.
 - 11: خاتمه دهید اگر
 - 12: خاتمه دهید برای
 - 13: به $Opt(C_i)$ برگردید
 - 14: دستگاه‌های بهینه مجاور را خاتمه دهید
 - 15: پایان:
-

3.5. سیستم پشتیبانی تصمیم برای شبکه‌های اینترنت اشیا

سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS)، همراه با شبکه‌های اینترنت اشیا، نقشی حیاتی در ایجاد زیرساخت‌های کنترل شده خودکار برای حوزه‌های کاربردی مختلف صنایع، ساختمان‌ها و شهرهای هوشمند، کشاورزی، نظامی و غیره ایفا می‌کنند. سیستم پشتیبانی تصمیم پیشنهادی بر روی مژول سرور یا ایستگاه پایه شبکه‌های اینترنت اشیا اجرا می‌شود. سیستم پشتیبانی تصمیم پیشنهادی مقادیر داده‌های ضبط شده را که از دستگاه‌های مختلف C_i دریافت کرده به طور کامل بررسی می‌کند، که این دستگاه‌ها برای پایش پدیده مستقر شده‌اند. این داده‌ها به دو دسته (1) مقادیر دقیق داده‌ها (2) داده‌های پرت یا نویز طبقه بندی شدند. برای این منظور، رویکرد پیشنهادی سیستم پشتیبانی تصمیم از اندازه گیری فاصله اقلیدسی استفاده می‌کند که در معادله 11 نشان داده شده است.

$$d_{i,j} = \frac{\sqrt{(C_{x_i} - C_{x_{i-1}})^2 + (C_{y_i} - C_{y_{i-1}})^2}}{(x_i + y_j)} \quad (12)$$

اگر مقدار d_i و j ۰.۵ باشد، به دسته‌ای اضافه می‌شود که داده‌های دقیق در آن ذخیره می‌شوند. در غیر این صورت به دسته داده‌های پرت اضافه می‌شود. علاوه بر این، برای بهبود دقت سیستم پشتیبانی تصمیم پیشنهادی و به حداقل رساندن نسبت اتلاف داده‌ها، این داده‌های پرت باید تصحیح شوند. برای این منظور، اگر یک مقدار داده به عنوان نویز یا پرت شناسایی شود، ابتدا میانگین مقدار دقیق ذخیره شده قبلی محاسبه می‌شود. سپس، مقدار داده‌های نویز با مقدار داده‌های تصحیح شده، یعنی میانگین دو قرائت متوالی قبلی جایگزین می‌شود.

4. نتایج و ارزشیابی عملکرد

این بخش شرح مفصلی از نتایج شبیه‌سازی احتمالی را ارائه می‌کند. رویکرد ارتباطی بی‌سیم با مجموعه پارامتری پیشنهادشده و رویکردهای اثباتشده میدانی در OMNET++، یک نرمافزار شبیه‌سازی شبکه‌های دارای منبع باز، برای تأیید کاربرد این رویکردها اجرا شدند. علاوه بر این، این رویکردها بر روی ساختارهای مختلف توپولوژیکی مانند ساختارگراف، درختی، بالای تصادفی، مرکز تصادفی و غیره آزمایش شدند. پارامترهای مختلف شبیه‌سازی و مقادیر احتمالی آن‌ها در جدول زیر ارائه شده است. انرژی مورد نیاز برای ارسال و دریافت پیام به ترتیب 91.4 و 59.1 مگاوات فرض شده است. به همین ترتیب، هر دو استقرار ایستا و قطعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. آن‌ها برای ارزشیابی عملکرد این طرح‌ها، یعنی الگوریتم‌های طرح پیشنهادی، مبتنی بر آسیب‌پذیری، آگاه از آسیب‌پذیری، مبتنی بر مسیر چندگانه، ترکیبی و الگوریتم‌های فرصت‌طلب استفاده می‌شوند.

جدول ۱. پارامترهای شبیه‌سازی برای اینترنت اشیا

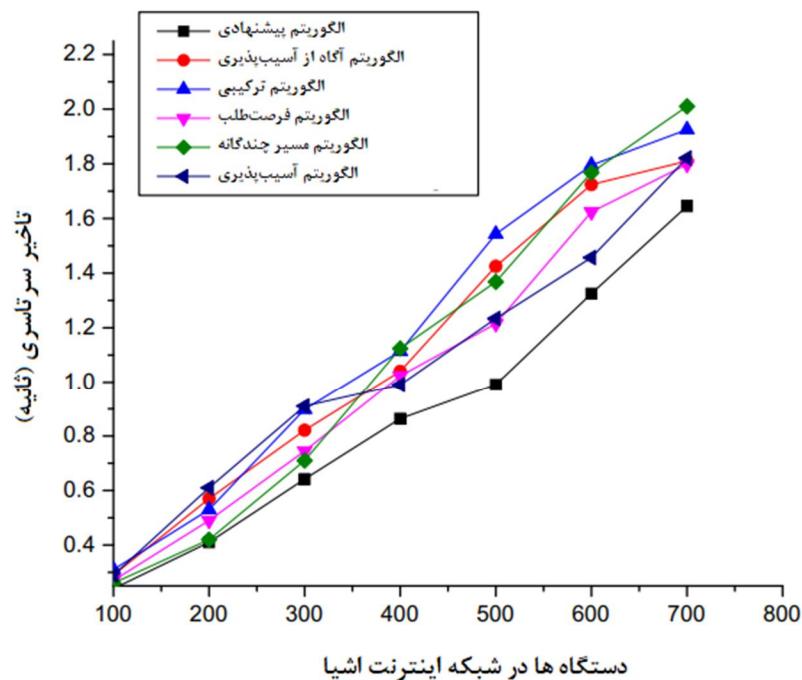
پارامترها	مقادیر
منطقه تقریبی که دستگاه‌ها در آن مستقر شدند	۶۰۰ متر * ۶۰۰ متر
دستگاه‌های عضو	100 تا 1000
ماژول‌های سرور	پنج
(E_i) ظرفیت باتری داخلی	۵۲۰۰ میلی‌آمپر
(E_r) انرژی باقی‌مانده	$E_i - E_{con}$
صرف انرژی انتقال پسته‌ها (P_{T_x})	۹۱/۴ میلی‌وات
(Ch_{delay}) تاخیر مجرأ	۲۵ میلی‌ثانیه
صرف انرژی دریافت پسته‌ها (P_{R_x})	۵۹/۱ میلی‌وات
دستگاه در وضعیت آزاد	۱/۲۷ میلی‌وات
دستگاه در وضعیت فعال	۱۵/۴ میکرووات
(T_i) انرژی فرستنده-گیرنده	۱ میلی‌وات
(T_r) منطقه پوشش	۵۰۰ متر
(TAT_n) زمان چرخش	۴ میلی‌ثانیه
(P_{size}) اندازه پسته	۱۲۸ بایت
تعداد هاپ (H_c) ایستگاه پایه	۰
تعداد هاپ اولیه (H_o) گره‌های حسگر	∞
میزان نمونه‌داری از دستگاه‌های منبع	۲۰ ثانیه
توپولوژی	ایستا و تصادفی

4.1. معیار تاخیر سرتاسری ارزشیابی عملکرد

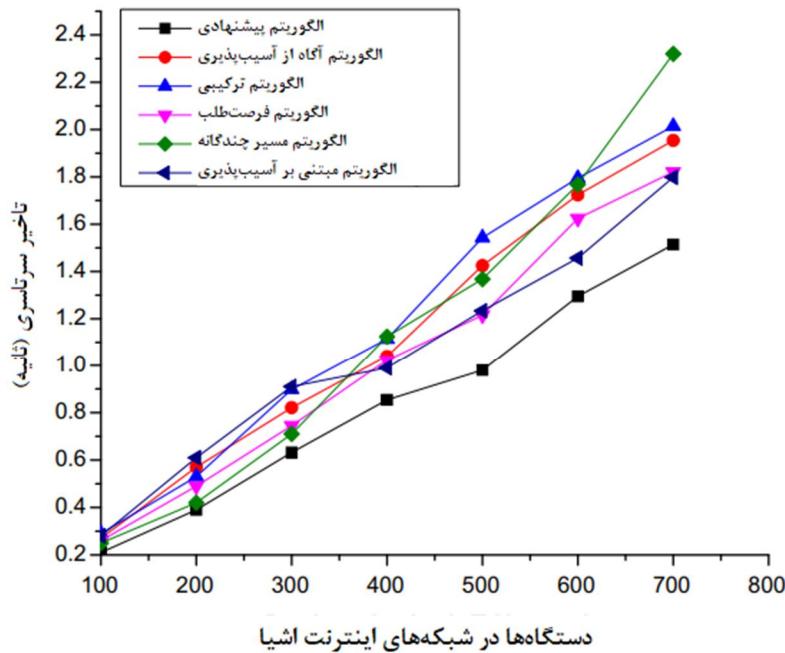
تاخیر سرتاسری یکی از معیارهای رایج ارزشیابی است که پژوهشگران از آن برای تأیید عملکرد مکانیسم‌های بی‌سیم ارتباطی به تازگی ایجادشده در برابر رویکردهای الگو استفاده می‌کنند. برای این منظور، هم استراتژی استقرار ایستا و هم تصادفی شبکه‌های اینترنت اشیا به کار گرفته می‌شود و رویکرد ارتباطی به طور کامل مورد بررسی قرار می‌گیرد. علاوه بر این، یک رویکرد ارتباطی که دارای حداقل نسبت ممکن معیار تاخیر سرتاسری

است، ترجیحاً در شبکه‌هایی با محدودیت منابع، مانند شبکه‌های اینترنت اشیا و حسگر بی‌سیم به عنوان یک راه حل ایده‌آل در نظر گرفته می‌شود.

رویکرد ارتباطی بی‌سیم با قابلیت مجموعه پارامتری پیشنهادشده در برابر رویکردهای اثباتشده میدانی بررسی می‌شود. نتیجه شبیه‌سازی تأیید می‌کند که طرح پیشنهادی بهترین راه حل ممکن در مورد تأخیر سرتاسری است. همانطور که در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است، طرح پیشنهادی در هر دو ستاریو که شبکه اینترنت اشیا قطعی و تصادفی است عملکرد فوق العاده‌ای دارد. علاوه بر این، این نتایج با استفاده از مقیاس‌پذیری‌های مختلف شبکه‌های اینترنت اشیا به دست آمد.



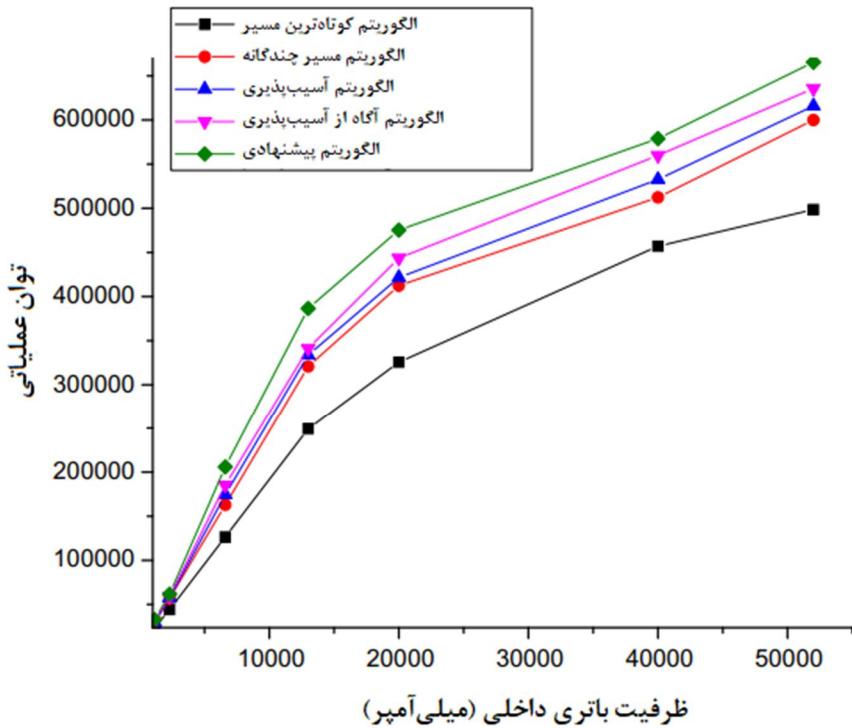
شکل ۱. مقایسه تاخیر سرتاسری با رویکردهای الگو در استقرار قطعی شبکه اینترنت اشیا



شکل ۲. مقایسه تاخیر سرتاسری با رویکردهای الگو در استقرار تصادفی شبکه اینترنت اشیا

4.2. معیار میانگین توان عملیاتی ارزشیابی عملکرد

بهطور کلی، در شبکه‌های سنتی، میانگین توان عملیاتی به صورت نسبت بسته‌ها یا فریم‌های دریافتی توسط دستگاه مقصد مورد نظر به تعداد بسته‌ها یا فریم‌های تولیدشده یا بازارسال شده تعریف می‌شود. جدا از تأخیر سرتاسری، به نظر می‌رسد که میانگین توان عملیاتی معیار مهم دیگری برای ارزشیابی عملکرد رویکردهای ارتباطی است. بدین ترتیب، این معیار در حوزه‌های کاربردی ارزشمندتر است که جمع‌آوری داده‌ها اولویت بیشتری نسبت به طول عمر شبکه‌های اینترنت اشیا دارد. رویکرد ارتباطی بی‌سیم با قابلیت مجموعه پارامتری پیشنهادشده با رویکردهای اثباتشده میدانی از نظر معیار میانگین توان عملیاتی عملکرد مقایسه می‌شود. همانطورکه در شکل ۳ نشان داده شده، نتایج شبیه‌سازی نشان داد که طرح پیشنهادی حداکثر میانگین توان عملیاتی ممکن را نسبت به طرح‌های رقیب خود به‌دست آورده است.



شکل ۳. مقایسه میانگین توان عملیاتی با رویکردهای الگو در استقرار تصادفی شبکه اینترنت اشیا

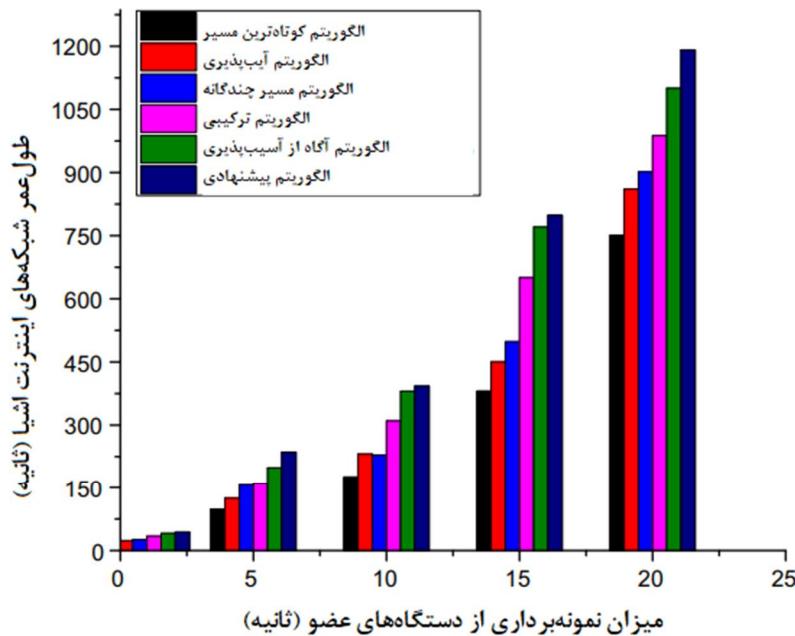
4.3. معیار طول عمر ارزشیابی عملکرد

بهطور کلی، در شبکه‌ها با منابع محدود، طول عمر به عنوان یکی از معیارهای مهم ارزشیابی عملکرد در نظر گرفته می‌شود، زیرا همیشه یک شبکه عملیاتی اینترنت اشیا طولانی مدت نیاز است. بنابراین، مکانیسم‌های مختلفی در متون برای افزایش طول عمر شبکه عملیاتی اینترنت اشیا معرفی شده‌است. همانطور که در شکل 4 نشان داده می‌شود، رویکرد ارتباطی بی‌سیم با قابلیت مجموعه پارامتری پیشنهادشده می‌تواند طول عمر شبکه‌های اینترنت اشیا را افزایش دهد. طرح پیشنهادی در درجه اول دستگاه‌های عضو را مجبور می‌کند تا از کوتاه‌ترین مسیر (در صورت امکان) برای ارتباط استفاده کنند. با این حال، زمانی که این مسیر دیگر در دسترس نباشد، یک مسیر ثانویه بهینه یا با کمترین هزینه برای ارتباط بعدی در شبکه‌های اینترنت اشیا اجرا می‌شود. رویکرد ارتباطی پیشنهادی به‌طور قابل توجهی طول عمر شبکه‌های عملیاتی اینترنت اشیا را با منابع موجود و فواصل نمونه‌گیری افزایش داده است.

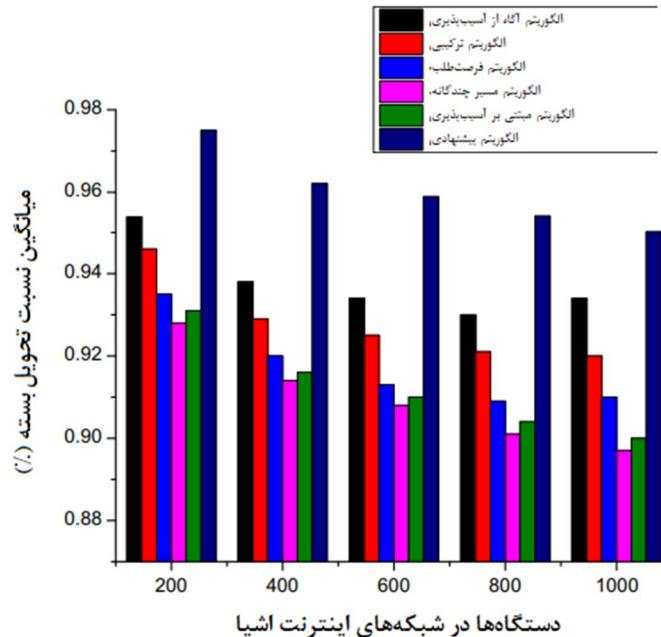
4.4. معیار میانگین نسبت تحويل بسته (APDR) ارزشیابی عملکرد

نسبت بسته‌ها یا فریم‌هایی که دستگاه مقصد مورد نظر با موفقیت دریافت می‌کند به عنوان نسبت میانگین تحويل بسته (APDR) تعریف می‌شود. یک رویکرد ارتباطی که به حداقل نسبت میانگین تحويل بسته ممکن دست یافته‌است به عنوان بهترین راه حل مناسب برای شبکه‌های اینترنت اشیا در نظر گرفته می‌شود. رویکرد ارتباطی بی‌سیم مبتنی بر مجموعه پارامتری پیشنهادشده با طرح‌های مختلف الگو مقایسه می‌شود و همانطور

که در شکل ۵ نشان داده شده تأیید می‌کند که طرح پیشنهادی ترجیحاً از نظر نسبت میانگین تحويل بسته بهتر از راه حل‌های موجود است.



شکل ۴. مقایسه عملکرد طول عمر با رویکردهای الگو در استقرار تصادفی شبکه اینترنت اشیا



شکل ۵. مقایسه عملکرد میانگین نسبت تحويل بسته با رویکردهای الگو در استقرار تصادفی شبکه اینترنت اشیا

4.5 محدودیت‌های طرح پیشنهادی

اگرچه سیستم پشتیبانی تصمیم پیشنهادی از نظر معیارهای مختلف، ارزشیابی عملکرد فوق العاده خوبی دارد. اما، پیام‌های بیش از حد برای محاسبه تعداد هاپ و انرژی باقیمانده دستگاه‌های مجاور، از مسائل چالش برانگیز طرح پیشنهادی است.

5. نتیجه گیری و کارهای آینده

زیرساخت‌های شبکه‌سازی اینترنت اشیا (IoT) در حوزه‌های کاربردی مختلف برای پایش و کنترل فعالیت‌های مختلفی استفاده شده است که انجام آن‌ها برای انسان‌ها سخت است. ارتباط قابل اعتماد بین دستگاه‌ها یا سرورهای مختلف عضو یک مسئله چالش برانگیز در شبکه‌های اینترنت اشیا است. در این نوشته، ما یک رویکرد ارتباطی بی‌سیم با قابلیت مجموعه پارامتری قابل اعتماد معرفی کردیم، که به‌طور خاص برای شبکه‌های اینترنت اشیا طراحی شده است، و به حل مسائل ذکر شده در بالا، ترجیحاً با منابع و زیرساخت‌های موجود، می‌پردازد. در ابتدا، مازول‌های سرور باید پیام‌هایی را تولید و پخش کنند که دستگاه‌های مستقر در ناحیه تحت پوشش مازول فرستنده سرور مربوطه آن‌ها را دریافت کنند. به علاوه، هر دستگاه عضو ملزم به جمع‌آوری اطلاعات ارزشمند از دستگاه‌های مجاور خود برای یافتن مسیری قابل اعتماد است. اما، تا آنجا که به استفاده از منابع موجود مربوط می‌شود، باید ارزان باشد. علاوه بر رویکرد ارتباطی، یک سیستم پشتیبانی تصمیم در سمت سرور برای تصحیح OMNET++ داده‌های ضبط شده اجرا شد. طرح‌های پیشنهادی و موجود در نرم‌افزار شبیه‌سازی معروف، یعنی تأخیر سرتاسری ممکن نیاز است، طرح پیشنهادی ایده آل است. در آینده، ما سعی خواهیم کرد عملکرد استثنایی رویکرد ارتباطی بی‌سیم با قابلیت مجموعه پارامتری پیشنهادشده را در زیرساخت شبکه‌سازی اینترنت اشیا اجرا کنیم که در آن یا دستگاه‌های عضو یا سرورها سیار

منابع

A reliable wireless communication mechanisms and decision support [[springer](#)]

Smart Home Energy Management Systems in Internet of Things networks for green cities demands and services [[ELSEVIER](#)]

AI Traffic Control System Based on Deepstream and IoT Using NVIDIA Jetson Nano [[IEEE](#)]

Vesta: A digital health analytics platform for a smart home in a box [[ELSEVIER](#)]