اینترنت اشیاء و روشهای زمانبندی در فناوری خانه هوشمند

رسول صادقی[۱*]، مهدی قربانی[۲] و محمد دشتی[۲]
[۱]استادیار مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دولت آباد، اصفهان، ایران،
r.sadeghi.2005@gmail.com
[۲]دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دولت آباد، اصفهان، ایران،
stu.mehdi.ghorbani@gmail.com
stu.mohammad.dashti@gmail.com

چکیده : خانه هوشمند، به‌عنوان یکی از حوزه‌های مهم در اینترنت اشیا مطرح است. پس از گذشت بیش از یک دهه از معرفی این حوزه تحقیقاتی، در این مقاله بحث زمانبندی در این حوزه مهم، بررسی و تحلیل شده است. بدین منظور، در این مقاله یک روش سیستماتیک برای تبیین فضای تحقیقاتی موجود معرفی شده و حوزه‌های مهم زمانبندی، در زمینه خانه هوشمند شناسایی گردیده است. در این راستا با توجه به گستردگی بحث، بر روی دو بخش مهم از خانه هوشمند یعنی مدیریت انرژی و آگاه از متن تمرکز خواهیم کرد. همچنین با بررسی سیر تکاملی تحقیقات انجام شده در زمینه‌های مختلف، گرایش‌های موجود در این حوزه‌ها مشخص و تحقیقات آینده در این حوزه‌ها معرفی شده است.

کلید واژه‌ها: اینترنت اشیا، خانه هوشمند، زمانبندی، مدیریت انرژی، آگاه از متن.

۱- مقدمه

اینترنت اشیاء[۱] به منظور پاسخ‌گویی به نیازهای اساسی فناوری اطلاعات و ارتباطات در بخش‌های مختلف کاربردی مطرح شد [۱]. هدف اصلی اینترنت اشیاء ایجاد بسترها و امکاناتی برای تحقق ایده‌آل خانه‌های هوشمند، شهرهای هوشمند، خودروهای هوشمند، سلامت هوشمند، صنایع هوشمند، امنیت عمومی، انرژی، حفاظت از محیط زیست، کشاورزی، گردشگری و موارد مشابه است [۲]. از آن‌جا که تکنولوژی‌های ایجاد شده قادر به پاسخ‌گویی نیازهای کنترل هوشمند از راه دور نبود، نیاز مبرم به مفهوم جدید و هماهنگ با دیدگاه ارتباط هوشمند به وجود آمد که باعث توسعه مفهوم اینترنت اشیاء گردید [۳].

اینترنت اشیاء به‌عنوان یک مفهوم، کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف دارد که یکی از مهمترین و تأثیرگذارترین آنها، خانه‌های هوشمند است. در بحث هوشمندسازی خانه‌ها، یکپارچه‌سازی سیستم‌های فیزیکی داخل خانه، با موجودیت‌های خارجی نظیر شبکه برق نیاز به همکاری صحیح و حقیقی ذینفعان دارد، و یکی ازچالش‌های مهم و اساسی در این زمینه بحث زمانبندی سیستم‌های مختلف برای داشتن کارایی بالاست [۴]. گرچه تعداد زیادی الگوریتم زمانبندی، در زمینه خانه‌های هوشمند پیشنهاد شده است با این حال تعداد کمی از آن‌ها به طور کامل، نیازمندی‌های توسعه سیستم‌های مبتنی بر هوشمندی را پشتیبانی می‌کنند، بنابراین در حال حاضر نیاز به توسعه الگوریتم‌ها به منظور رسیدن به راهکارهای یکپارچه و جامع، کاملا ضروری به نظر می‌رسد [۵-۷]. مفهوم خانه هوشمند معرف نوعی تبادل قوی و بدون نقص اطلاعات میان بخش‌های مختلف خانه است. در نتیجه یک خانه هوشمند آمیزه‌ای است از ابداعات که با بهره‌گیری از تکنولوژی مدرن این امکان را فراهم می‌آورد تا بتوان اجزا و تجهیزات مختلف را به‌صورت خودکار کنترل کرد و رفاه و راحتی ساکنانش را افزایش داده و امکان مدیریت مؤثر را بر اساس مقتضیات خاص و با کمترین هزینه فراهم آورد [۸]. به‌طور کلی برای هوشمندسازی یک واحد مسکونی با توجه به پیشرفت‌های تکنولوژی‌ها و سطح آگاهی مردم و نیز وجود ابزارهای الکترونیکی مختلف، راهها و روش‌های مختلفی وجود دارد که در این مقاله سعی شده است، دو حوزه پرکاربرد آن تشریح شود.

با گذشت بیش از یک دهه از معرفی حوزه خانه هوشمند، تبیین و تحلیل جایگاه آن از نقش زمانبندی به‌عنوان رویکرد مهم در تکنولوژی اینترنت اشیاء، انگیزه این تحقیق بوده است. با توجه به گستردگی این حوزه، تمرکز این مقاله بر روی کارهای صورت گرفته در بخش‌های مدیریت انرژی[۲] [۹] و موضوع آگاه از

[۱] Internet of Things

[۲] Energy Management

متن[۳] [۱۰] می‌باشد. بدین منظور مجموعه‌ای از تحقیقات انجام شده در این بخش‌ها بین سال‌های (۲۰۱۶ - ۲۰۰۸) گردآوری و گزارش شده است. همچنین گرایش‌های موجود برای تحقیق در این زمینه مشخص و نقاط قوت، ضعف و کاستی‌های تحقیقات در این حوزه معرفی گردیده است.

برای دستیابی به اهداف فوق و گزارش فرآیند انجام تحقیق، ساختار این مقاله به صورت زیر تنظیم شده است. در بخش دوم روش استفاده در انجام تحقیق و نحوه گردآوری مجموعه منابع مورد استفاده، معرفی می‌شود و فضای تحقیق در این حوزه ترسیم می‌گردد. تحلیل آماری تحقیقات انجام شده در بخش سوم ارائه شده است. در بخش چهارم به بحث در مورد حوزه های مدیریت انرژی و آگاه از متن و تشریح مکانیزم های زمانبندی در این حوزها می‌پردازیم، در نهایت در بخش پنجم به نتیجه‌گیری و راهکارهای آینده اشاره خواهیم نمود.

۲- روش تحقیق

در این قسمت، روش تحقیق استفاده شده برای تبیین فضای تحقیق در حوزه خانه هوشمند در بخش‌های مدیریت انرژی و آگاه از متن ارائه می‌گردد. فرآیند تحقیق را می‌توان در پنج مرحله اصلی خلاصه نمود: الف) تعیین فضای تحقیق، ب) جمع‌آوری مقالات منبع، پ) دسته‌بندی منابع، ت) مطالعه منابع و گزارش تحقیقات انجام شده، ث) تحلیل مباحث مطرح در هر یک از زمینه‌های تحقیقاتی.

برای گزارش تحقیقات جدیدی که در زمینه‌های پرکاربرد خانه هوشمند (مدیریت انرژی و آگاه از متن) پس از سال ۲۰۰۸ انجام شده است، تعدادی از مجلات و کنفرانس‌های معتبر مرتبط انتخاب شده‌اند. معیار اصلی انتخاب مجلات، میزان ارتباط آن‌ها با موضوع خانه هوشمند و عمومیت آن‌ها در جامعه محققان اینترنت اشیاء بوده است. کنفرانس‌های مرتبط با موضوع یکی دیگر از مراجع مورد استفاده در این تحقیق بوده است. مهمترین معیارهای انتخاب کنفرانس‌های مربوطه سرفصل مطالب مورد توجه در کنفرانس، نرخ پذیرش مقالات و تعداد مقالات دریافت شده توسط کنفرانس بوده است. پس از جمع‌آوری مجموعه مقالات منبع، گام بعدی دسته‌بندی منابع و تعیین زمینه‌های تحقیقاتی بوده است. در این دسته‌بندی، هدف مشخص کردن موضوعات تحقیقاتی مختلفی است که در زمانبندی خانه‌های هوشمند وجود دارد. گام بعدی فرآیند تحقیق، مطالعه منابع و گزارش تحقیقات انجام شده می‌باشد. حاصل این مرحله گزارش آخرین تحقیقات انجام شده در زمینه هر یک از بخش‌های مورد بررسی است. تحلیل فضای تحقیق و دسته‌بندی تحقیقات انجام شده در هر یک از زمینه‌های مدیریت انرژی و آگاه از متن، آخرین مرحله در روش تحقیق معرفی شده است.

۳- تحلیل آماری جایگاه خانه هوشمند

بر اساس روش تحقیقی که در بخش (۲) تشریح گردید، ۳۱ مقاله مجله و ۴۳ مقاله کنفرانس در حوزه خانه هوشمند جمع‌آوری گردیده است(این مقالات از جامع‌ترین مقالات موجود در این حوزه بوده‌اند). با توجه به این‌که در مقاله حاضر تنها قصد پرداختن به دو حوزه مهم و پرکاربرد خانه هوشمند (مدیریت انرژی و آگاه از متن) وجود داشت، مقالات جامع در این دو حوزه از بین مقاله‌های جمع‌آوری شده استخراج گردید که در مجموع ۲۶ مقاله جامعیت و ارتباط لازم را با موضوع مقاله دارا بودند (از بین این ۲۶ مقاله ۱۶ مقاله که دارای کاربرد عملی در بحث زمانبندی بودند از بین مقالات انتخاب شد). به منظور ارائه تحلیل آماری از جایگاه خانه هوشمند لازم بود که تمام مقالات جمع‌آوری شده مورد تحلیل و آنالیز قرار بگیرند، که بر اساس تحلیل انجام گرفته از میان این مقالات ۲۱ مقاله به موضوع مدیریت انرژی، ۱۴ مقاله به بحث آگاه از متن و ۳۹ مقاله به بحث ارتباطات که یکی دیگر از شاخه‌های خانه هوشمند است، پرداخته‌اند. در ادامه به تشریح تحقیقات انجام شده در دو حوزه پرکاربرد خانه هوشمند خواهیم پرداخت.

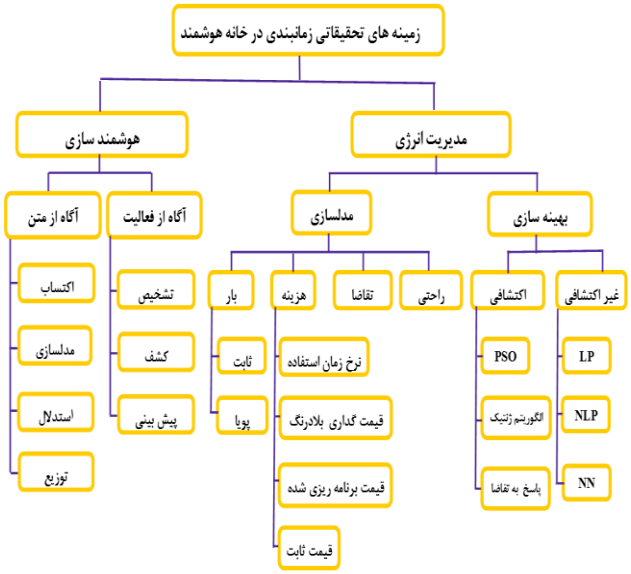
۴- خانه هوشمند و دو حوزه پرکاربرد آن

همانطور که در بخش‌های قبل بیان شد، در این مقاله دو حوزه پرکاربرد در خانه هوشمند مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد. مقالات حوزه انرژی شامل روش‌های بهینه‌سازی و مدل‌سازی می‌شود. از طرف دیگر حوزه آگاه از متن به‌عنوان یکی از بخش‌های مهم هوشمندسازی محسوب می‌شود. شکل (۱)، کلیه زمینه‌های تحقیقاتی زمانبندی در خانه هوشمند را تشریح می‌کند.

۴-۱- حوزه مدیریت انرژی

سیستم‌های مدیریت و اتوماسیون خانه به منظور نظارت

[۳] Context Aware



شکل۱: زمینه های تحقیقاتی زمانبندی در خانه های هوشمند

خودکار و کنترل سیستم‌هایی نظیر: روشنایی، لوله‌کشی، تجهیزات آتش‌نشانی، کنترل تردد، گرمایش و سیستم‌های تهویه مطبوع استفاده می‌شوند. این اصطلاح به سیستمی که در آن سنسورها و کنترل‌ها استفاده می‌شود نیز اطلاق می‌گردد [۱۱]. همه این سیستم‌ها از یک پردازشگر دیجیتالی الکترونیکی برای کنترل الگوریتم‌ها استفاده می‌کنند و قابلیت برقراری ارتباط با دیگر کنترل‌ها را دارا می‌باشند. اصطلاح BMS[۴] تمامی المان‌های کنترلی شامل سخت‌افزارها، حسگرها، شبکه‌های ارتباطی و کنترل‌های مرکزی را پوشش می‌دهد. به طور کلی یک سیستم کنترلی شامل سه بخش اصلی سنسور، کنترلر و یک وسیله کنترل‌کننده است و هر مؤلفه در معماری شبکه به طریقی با سیستم ارتباطی در تماس است [۱۲].

با توجه به این‌که مدیریت انرژی یکی از مهمترین بخش‌های خانه هوشمند محسوب می‌شود، تاکنون الگوریتم‌های زمانبندی زیادی در این حیطه معرفی شده است که در ادامه کارهای صورت گرفته که بیشترین اهمیت را دارا هستند را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

آنجلیس[۵] و همکاران با ارائه یک شبیه‌سازی، تکنیک‌های مختلف بهینه‌سازی در خانه هوشمند را در زمینه مدیریت باتری[۶] مورد ارزیابی قرار دادند [۱۳]. بر این اساس ابتدا مسئله مدیریت باتری شبیه‌سازی گردیده است و الگوریتم‌های مورد بررسی از دو بعد زمانبندی انرژی و صرفه‌جویی در هزینه مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. الگوریتم‌های مورد بررسی در این مقاله شامل ADP[۷] [۱۴]، PSO[۸] [۱۵]، LP[۹] [۱۶]، Extend PSO [۱۷] و Self-L ADP [۱۸] بوده است. با توجه به ارزیابی صورت گرفته، الگوریتم LP کارایی بسیار بالایی را نسبت به سایر تکنیک‌ها داشته است. این پژوهش با فرموله کردن مسئله مدیریت باتری خطی بودن آن را اثبات نموده است و خطی بودن مسئله را دلیل کارایی بالای الگوریتم LP دانسته است.

پدراسا[۱۰] و همکاران نیز در سال ۲۰۱۰ از الگوریتم CPSO[۱۱] به منظور تنظیم مقادیر ایجاد هماهنگی بین منابع انرژی توزیع‌شده استفاده کردند [۱۹]. بر اساس این پژوهش الگوریتم CPSO کارایی سیستم را تا حد چشمگیری افزایش داده است. در این مقاله مقادیر تولید شده به وسیله الگوریتم CPSO با مقادیر تولید شده به صورت مستقل مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. که نتایج حاصل نشان می‌دهد بحث زمانبندی در تمام سناریوهای ممکن توسط الگوریتم CPSO بهبود یافته است. دلیل این بهبود، شکسته شدن مسئله به چند مسئله کوچکتر عنوان شده است.

مطالعه دیگری که بر روی بحث زمانبندی مدیریت انرژی صورت گرفت، توسط لونگو[۱۲] و همکاران انجام شد که با ساخت دستگاه DMES[۱۳] و نصب آن بر روی کنتور موجب کاهش چشمگیری در مصرف انرژی و هزینه شدند. در این پژوهش زمانبندی مصرف برق به‌صورت یک مسئله خطی فرموله شده است و مقادیر بهینه هر پارامتر محاسبه گردیده است و سپس این مقادیر بر روی دستگاه DMES، قرار گرفته است [۲۰].

کارلی[۱۴] و همکاران نیز با فرموله کردن مسئله انرژی در قالب یک معادله درجه دوم مختلط و با در نظر گرفتن پارامتر قیمت به‌صورت غیرخطی، مقادیر بهینه به منظور کاهش هزینه انرژی را به‌دست آوردند. در این مسئله از چهار سناریوی مختلف استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی با مقادیر بهینه به دست آمده در قالب چهار سناریو، کاهش هزینه و افزایش هوشمندی خانه را نشان می‌دهد[۲۱].

در [۲۲] نمونه‌ای از کاربرد یادگیری تقویتی در بحث خانه هوشمند بیان گردیده است. هدف اصلی این پژوهش مدیریت

[۴] Building Management System
[۵] Angelis
[۶] Battery Management

[۷] Adaptive Dynamic Programming
[۸] Particle Swarm Optimization
[۹] Linear Programming
[۱۰] Pedrasa
[۱۱] Co-Evolutionary Particle Swarm Optimization
[۱۲] Longo
[۱۳] Daily Maximum Energy System
[۱۴] Carli

انرژی در سنسورها بوده است. پیشنهاد این مقاله برای مدیریت انرژی در سنسورها، استفاده از یکسری الگوی آماده است که از آنالیز محیط به دست می‌آید. در واقع بر اساس الگوهای به دست آمده از محیط واقعی و به‌کارگیری یکی از الگوریتم‌های یادگیری تقویتی می‌توان یک سیستم را آموزش داد و سپس بر اساس سیستم آموزش دیده پیش‌بینی کرد که در چه زمان‌هایی لازم است یک سنسور فعال باشد. در این پژوهش همچنین از تکنیک LCSSM[۱۵] استفاده شده است و بیان گردیده که با استفاده از این تکنیک می‌توان ۹۴ درصد از فعالیت‌ها را فقط با ۵۷-۲۳ درصد فعال بودن سنسورها به‌دست آورد.

در پژوهش صورت گرفته در [۲۳]، یک شبیه‌سازی جدید به منظور زمانبندی لوازم در زمان واقعی برای اجتناب از اوج بار تقاضا بدون تأثیر در راحتی کاربر ارائه شده است. در این شبیه‌سازی چهار قسمت اصلی در نظر گرفته شده است: این چهار قسمت شامل: الف) واحد فرماندهی: مدیریت مصرف انرژی در خانه هوشمند، ب) کنتور: محاسبه مصرف انرژی توان، پ) پنل برق: شامل تمام قطع‌کننده‌های لوازم، ت) خانه: قرار دادن تمام لوازم موجود در کنترل زمانبندی است. به منظور مشخص شدن تأثیر شبیه‌سازی پیشنهادی دو سناریو در مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. سناریو اول تجزیه و تحلیل مسئله بدون مدیریت تطبیقی و سناریو دوم تجزیه و تحلیل با مدیریت تطبیقی را شامل می‌شوند. در سناریو اول کاربر تنها بر اساس راحتی خود و بدون در نظر گرفتن پیک بار مصرف عمل می‌کند، بر اساس این رویکرد سیر مصرف انرژی فراتر از ۷ کیلو وات گزارش شده است. در سناریو دوم و با استفاده از شبیه‌سازی پیشنهاد شده، بدون حذف راحتی کاربر مصرف انرژی ۴,۵ کیلو وات است. بنابراین با الگوریتم زمانبندی اعمال شده در شبیه سازی ۲,۵ کیلو وات در مصرف انرژی صرفه‌جویی صورت گرفته است.

در [۲۴] یک الگوریتم مطلوب چند مرحله‌ای و رویکرد کنترلی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. این الگوریتم شامل: الف) زمانبندی بهینه روزانه قابل انتقال زمانی[۱۶] و قابل انتقال توانی[۱۷]، که می‌تواند توسط یک HEMS[۱۸] بر اساس هزینه و راحتی کاربر صورت گیرد. ب) مرحله دوم شامل زمانبندی ارسال روزانه منابع انرژی محلی که به منظور کاهش هزینه، مصرف بار باتری و نرخ متوسط پیک در نظر گرفته شده است. این مسئله توسط الگوریتم NSGA-II مورد بررسی قرار می‌گیرد. پ) سومین مرحله شامل یک زمانبندی کوتاه و مبتنی بر زمان واقعی به منظور کنترل لوازم در پاسخ به تقاضای پویای سیگنال ارسال شده از جمع‌آوری کننده[۱۹] است. از چارچوب در نظر گرفته گرفته شده در این پژوهش به منظور مدیریت انرژی در یک میکروگرید استفاده شده است و نتایج نشان از زمان و هزینه قابل قبول در کاربردهای عملی دارد. الگوریتم در نظر گرفته شده در قالب دو مطالعه موردی، مورد استفاده قرار گرفته است که بر این اساس کارایی قابل قبولی را داشته است.

تمرکز بر روی توسعه الگوریتم زمانبندی به عنوان یک رویکرد مهم در [۲۵] ارائه شده است. این توسعه به منظور کاهش هزینه انرژی و مقابله با نوسان آن مبتنی بر نیازمندی‌های کاربر صورت گرفته است. الگوریتم ارائه شده می‌تواند در دو بعد مدیریت انرژی متمرکز و کنترل بار کم هزینه توزیع‌شده کاربرد داشته باشد. الگوریتم ارائه شده سه بخش را مورد پوشش قرار داده است. در مرحله اول به محاسبه بار به منظور کاهش یا افزایش آن می‌پردازد. در مرحله دوم زمان شروع به منظور زمانبندی بار قابل انتقالرا مشخص می‌کند. الگوریتم ارائه شده می‌تواند در حوزه پیش‌بینی مصرف انرژی و همچنین زمانبندی انواع لوازم موجود در خانه کاربرد داشته باشد.

در تحقیق دیگری [۲۶] که در زمینه انرژی انجام شده است، یک مدل سمت تقاضا مستقل به منظور کنترل بار ارائه شده است. در مدل ارائه شده سطح مصرف توان از دستگاه‌های محلی، میزان تقاضا از توان به‌وسیله یک تابع هزینه درجه دوم دو سطحی فرموله شده است. در پژوهش صورت گرفته بیان شده که مدل ارائه شده می‌تواند بر اساس کمینه کردن هزینه انرژی با استفاده از تعادل Nash به سطح عملکرد مطلوب برسد. در مدل ارائه شده در قسمت توان، مشتریان از طریق کنتور هوشمند، لینک ارتباطی توان به یکدیگر متصل شده‌اند و فرض بر این است که هر کنتور هوشمند می‌تواند به واحدهای محلی از طریق یک لینک ارتباط داشته باشد. علاوه بر این بیان شده که هر مشتری تنها می‌تواند از یک واحد تقاضای برق داشته باشد و همچنین هر مشتری مجهز به توان محلی و امکانات ذخیره‌سازی برق از طریق اتصال به کنتور با استفاده از داده‌های ناپیوسته و لینک‌های ارتباطی توان است. در قسمت کنتور هوشمند نیز هر مشتری با استفاده از یک کنتور هوشمند به شبکه متصل شده است. هر

[۱۵] Logical Correlation-Based Sleep Scheduling Mechanism
[۱۶] Time-Shiftable
[۱۷] Power- Shiftable
[۱۸] Home Energy Management System
[۱۹] Aggregator

کنتور هوشمند مجهز به دو زمانبند مختلف مصرف انرژی و مصرف باتری است، با طراحی صورت گرفته بر روی توان و کنتور، زمانبندی به صورت مؤثری صورت گرفته است.

در بحث گرمایش ساختمان مارکو[۲۰] و همکاران [۲۷] از یک چارچوب بهینه‌سازی غیرخطی به نام MINLP[۲۱] استفاده کردند. در این پژوهش ابتدا رفتار گرمایشی به‌صورت دقیق استخراج شده و به‌صورت یک مدل درآمده است، سپس از چارچوب MINLP برای زمانبندی منابع انرژی و زمان انجام وظایف استفاده شده است. دلیل استفاده از چارچوب غیرخطی، خطی نبودن مسئله گرمایش عنوان شده است. در این پژوهش به منظور کاهش خطای سیستم از روش کمترین مربعات خطا بهره گرفته شده است. در پژوهش غیرخطی بودن مسئله به اثبات رسیده و اعلام شده که برای مسائل غیرخطی به خصوص در بخش مدیریت خانه هوشمند روش MINLP از کارایی بالایی برخوردار است. در جدول (۱) خلاصه‌ای از مقالات بررسی شده در بحث مدیریت انرژی تشریح شده است.

۴-۲- حوزه هوشمندسازی

هوشمند سازی، به عنوان یکی از بحث‌های اصلی در زمینه خانه هوشمند مطرح است [۲۸]. اغلب تحقیقات انجام شده در این زمینه به موضوع آگاه از متن معطوف شده است. از نقطه نظر عملی، آگاه از متن از پنج لایه حسگر، بازیابی داده‌های اولیه، پیش‌پردازش، ذخیره/ مدیریت و لایه برنامه کاربردی تشکیل شده است. اولین لایه در آگاه از متن، مجموعه‌ای از حسگرهای فعال برای دریافت داده‌های اولیه از محیط کاربر است. دومین لایه امکان استفاده از رابط برنامه‌نویسی کاربردی یا محافظ برای داده‌های مورد نیاز از حسگرها را دارد. لایه سوم، مسؤل استنتاج و تفسیر اطلاعات کانتکست[۲۲] است. این لایه اطلاعاتی که از لایه پایین آمده را برای ارسال به لایه انتزاعی بالاتر پردازش می‌کند. لایه چهارم داده‌های گردآوری شده را سازماندهی می‌کند و آن‌ها را برای برنامه‌های کاربردی طرف ثالث به دو شیوه، هم‌زمانی و در زمانی، دسترس‌پذیر می‌کند. لایه پنجم مرحله‌ای است که، واکنش‌ها به تغییر کانتکست طراحی و اجرا می‌شود [۲۹]. با توجه به کاربرد گسترده این بحث در خانه هوشمند، در این مقاله بحث زمانبندی آگاه از متن را مورد بررسی و تحلیل قرار می‌دهیم.

لیانگ[۲۳]و همکاران [۳۰] یک چارچوب زمانبندی سرویس آگاه از متن را در سال ۲۰۱۲ ارائه کردند. در این چارچوب ابتدا بحث هستان‌شناسی دستگاه‌ها به منظور توصیف ویژگی‌های هر سرویس، انتقال دانش و تسهیل کشف سرویس مدل گردیده است. سپس یک مکانیزم انتخاب سرویس آگاه از متن که در آن خدمات و کانتکست‌های موجود نظیر موقعیت کاربر، نیازمندی‌های وظایف و قابلیت‌های دستگاه وجود دارد ارائه گردیده است. بر اساس CASSF[۲۴] سیستم اجرای چند رسانه‌ای به عنوان مطالعه موردی پیاده‌سازی شده است. نتایج تجربی نشان از مؤثر و عملی بودن چارچوب دارد.

یکی از مواردی که از اهمیت به‌سزایی در بحث زمانبندی برخوردار است، زمانبندی بر اساس تقاضای کاربر است. در [۳۱] یک الگوریتم زمانبندی آگاه از متن مبتنی بر ارتباط، با هدف بهبود نرخ مصرف ارائه گردیده است. تمرکز پژوهش انجام شده، روی مسئله زمانبندی بین فرآیند ارتباطات کانتکست سطح پایین و ماژول منطق کانتکست است. به منظور اولویت‌دهی وظایف، الگوریتم دو مرحله را پیشنهاد نموده است: الف) بین کانتکست سطح پایین و وظایف ارتباط مستقیم وجود داشته باشد. ب) زمان عملیات بازآوری[۲۵] در کانتکست سطح پایین افزایش یابد. نتایج به‌کارگیری الگوریتم پیشنهادی نشان می‌دهد که بهره‌وری سیستم در بعد انتقال اطلاعات افزایش و همچنین زمان جایگزینی بار در حافظه نهان[۲۶] کاهش یافته است.

در [۳۲] یک الگوریتم به منظور بالا بردن دقت پیش‌بینی فعالیت‌ها در شبکه خانه هوشمند ارائه شده است. بر این اساس از یک توالی برای فعالیت‌ها استفاده شده است و همه فعالیت‌های کاربر در تمام جزءهای[۲۷] زمانی در نظر گرفته شده است. این الگوریتم مشابه با الگوریتم ارائه شده در [۳۳] است با این تفاوت که تمام کانتکست‌های ممکن را تولید می‌کند و لذا با استفاده از شبیه‌سازی صورت گرفته، نسبت به الگوریتم ارائه شده در [۳۳] کارایی بالاتری دارد. این الگوریتم در شبیه‌سازی انجام شده توانست ۸۶ درصد از فعالیت‌ها را درست پیش‌بینی کند.

در پژوهش صورت گرفته در [۳۴]، یک معماری واسط

---

۲۰ Marco
۲۱ Mixed Integer Nonlinear Programming
۲۲ Context
۲۳ Liang
۲۴ Context-Aware Service Scheduling Framework
۲۵ Refresh
۲۶ Cache
۲۷ Episode

جدول ۱: خلاصه‌ای از تحقیقات انجام شده در زمینه‌های تحقیقاتی در خانه هوشمند

تکنیک	دامنه	هدف	نتایج	نظرات
الگوریتم زمانبندی خطی (LP) [13]	مدیریت باتری	کمینه‌سازی تابع هزینه و صرفه‌جویی در هزینه	مقایسه بین شش الگوریتم بهینه‌سازی که با توجه به خطی بودن مسئله کارایی روش LP نسبت به سایر الگوریتم‌ها بیشتر است	الگوریتم LP برای حل مسائل خطی کارایی بالایی دارد
الگوریتم تکامل‌یافته بهینه‌سازی ازدحام ذرات (CPSO) [19]	منابع انرژی توزیع شده	تعیین زمان‌بندی عملیاتی بین چهار منبع انرژی توزیع شده	استخراج یک متغیر به منظور زمانبندی عملیاتی منابع توزیع شده	تعمیم متغیر استخراج شده به مسائل زمانبندی پیچیده‌تر
زمانبندی بیشینه انرژی روزانه (DMES) [20]	لوازم خانگی متصل به شبکه و کنتور هوشمند	بهینه‌سازی مصرف انرژی روزانه	تعیین میزان حداکثر مجاز مصرف انرژی	مدل پیشنهادی علاوه بر مصرف کننده در سمت تولیدکننده نیز موثر است.
فرموله کردن مسئله به صورت معادله درجه دوم مختلط [21]	لوازم خانگی کنترل‌پذیر، وسایل ذخیره‌ساز و تولیدکننده انرژی	کمینه‌سازی هزینه انرژی	کاهش هزینه انرژی	فرموله کردن تابع هزینه
مکانیزم زمانبندی مبتنی بر خواب[۲۸] (LCSSM) [22]	مدیریت سنسور	کاهش مصرف انرژی	تشخیص ۹۴ درصد از فعالیت‌ها در ۵۷-۲۳ درصد از کل زمان ارزیابی (حالت فعال سنسور)	بهبود کیفیت سنسورها در سناریوهای مختلف
ارائه یک الگوریتم جدید بر اساس زمانبندی تطبیق‌پذیر[23]	مدیریت انرژی	اجتناب از تقاضاها در زمان پیک مصرف	کاهش مصرف انرژی در ساعات پیک بار	مدیریت انرژی بدون تأثیر منفی بر راحتی کاربر
زمانبندی بهینه‌سازی چندمرتبه‌ای با رویکرد کنترلی [24]	لوازم خانگی و منابع انرژی محلی	کاهش هزینه، مصرف بار باتری و نرخ متوسط پیک	بهینه‌سازی انرژی در میکرو گرید	کاهش قابل توجه هزینه انرژی در قابل انتقال زمانی و پیک بار
الگوریتم زمانبندی بار [25]	زمانبندی تهویه مطبوع، لباس‌شویی و آب‌گرم‌کن	کاهش هزینه الکتریسیته به وسیله قیمت‌گذاری پویا	قیمت‌گذاری پیک انرژی به صورت پویا به کاهش قابل توجه محاسبه انرژی منتج می‌شود.	کاربرد الگوریتم در دو حوزه سیستم مدیریت انرژی متمرکز شده و کنترلرهای کم هزینه توزیع شده
مدل مدیریت تقاضا به صورت خودمختار [27]	سیستم مدیریت خانه هوشمند (HEMS)	کنترل بار مصرفی مشترکان از منابع اصلی و فرعی انرژی	مدیریت مصرف انرژی با تجهیز کنتور هوشمند به یک زمانبند چند مرحله‌ای	مدل پیشنهادی در دو سطح از محاسبات ابری توسعه یافته است
چارچوب بهینه‌سازی غیرخطی (MINLP) [28]	مدل گرمایشی ساختمان	بهبود مطلوب نیازمندی‌های گرمایشی ساکنان	زمانبندی منابع انرژی	کاهش چشمگیر مصرف انرژی
چارچوب زمانبندی سرویس‌های آگاه از متن (CASSF) [30]	دروازه سرویس‌های باز (OSGi)	برطرف کردن چالش‌های مرتبط با همگرایی و تحرک‌پذیری لوازم خانگی	مقایسه بین شش الگوریتم بهینه‌سازی که با توجه به خطی بودن مسئله کارایی روش LP نسبت به سایر الگوریتم‌ها بیشتر است	ارتقاء رضایت کاربر (کاربران کم‌توان) با کمک سرویس هوشمند
ارئه الگوریتم زمانبندی اولویت متن[32]	استخراج رفتارهای کاربر	ایجاد یک توالی از وظایف انجام شده	استخراج یک متغیر به منظور زمانبندی عملیاتی منابع توزیع شده	کاهش زمان بارگذاری حافظه و ارسال داده‌ها
الگوریتم پیش‌بینی تطبیق‌پذیر (PPM) [34]	دنباله‌ای از فعالیت‌های کاربر	تولید کانتکست فعالیت‌های کاربر	تعیین میزان حداکثر مجاز مصرف انرژی	افزایش نرخ همگرایی در مقایسه با سرعت
ارائه مکانیزم زمانبندی فعالیت متن[35]	استخراج فعالیت‌های شخصی	زمانبندی فعالیت کانتکست به صورت بلادرنگ	کاهش هزینه انرژی	تولید یک برنامه کاربردی برای ابزارهای قابل حمل
ارائه الگوریتم زمانبندی اولویت متن[36]	مدل مبتنی بر کانتکست	به‌کارگیری کانتکست مبتنی بر همبستگی	تشخیص ۹۴ درصد از فعالیت‌ها در ۵۷-۲۳ درصد از کل زمان ارزیابی (حالت فعال سنسور)	بهبود ساختار داده موجب بهبود کارایی الگوریتم پیشنهادی می‌شود

[۲۸] sleep

فعالیت به منظور زمانبندی فعالیت‌های کانتکست ارائه شده است. هسته اصلی این معماری متشکل از زمانبند فعالیت است که می‌تواند در زمانبندی فعالیت‌های شخصی در کانتکست‌های مختلف در حالت بلادرنگ مؤثر باشد. معماری ارائه شده چندین فاکتور مهم که در تصمیم‌گیری کاربر تأثیرگذار است را مانند اطلاعات کانتکست، اولویت‌ها، زمان فعالیت‌ها و زمانبندی را لحاظ نموده است. متغیر اطلاعات کانتکست، عنصر اصلی به منظور زمانبندی فعالیت‌ها محسوب شده است. این پارامتر در تعیین زمان فعالیت‌ها و اولویت‌دهی فعالیت‌های کاربر بسیار مهم است. با در نظر گرفتن پارامترهای بیان شده توسط معماری پیشنهادی، درصد زیادی از فعالیت‌ها زمانبندی شده است. همچنین سازگاری و کارایی معماری با مقایسه انجام شده بسیار مناسب گزارش شده است.

در تحقیق دیگری [۳۵] که در زمینه آگاه از متن انجام شده است، یک الگوریتم زمانبندی اولویت کانتکست مبتنی بر ارتباط ارائه شده است. در این الگوریتم ارتباط بین کانتکست‌های سطح پایین بر اساس اولویت‌های توزیع‌شده در نظر گرفته شده است. هدف اصلی الگوریتم ارائه شده، پیش‌بینی سریع اتفاقات بعدی و فراهم آوردن بازخورد بهتر و بالا بردن بهروری سیستم خانه هوشمند است. واحد منطق کانتکست در الگوریتم پیشنهادی ترکیبی از کوئری و گیرنده، صف وظایف، حافظه نهان، ثبت کوئری و ماژول منطق است. در قدم اول الگوریتم پیشنهادی، کوئری و گیرنده درخواست‌های کوئری، کانتکست سطح بالا را از برنامه‌های کاربردی دریافت می‌کنند و عنصر صفت را در کوئری ثبت می‌کنند (عنصرهای صفت می‌توانند شامل زمان شروع در کانتکست سطح بالا، کوئری برنامه‌های کابردی و زمان محدودیت باشند). سپس کوئری و گیرنده، کانتکست سطح بالا را با حافظه نهان هماهنگ می‌کنند. در قدم دوم اولویت‌ها به وظایف تخصیص داده می‌شوند و در صف برای زمانبندی قرار می‌گیرند و سپس استدلال کننده کوئری‌ها را به ترتیب اجرا می‌کند. در مرحله آخر نتایج کوئری درون حافظه نهان قرار می‌گیرد. الگوریتم ارائه شده موجب بهروری و کاهش هزینه سیستم شده است.

باپات[۲۹] و همکاران [۳۶] یک برنامه‌ریز به منظور کمک به کاربر برای پاسخ به متغیر قیمت برق ارائه داده‌اند. برنامه‌ریز ارائه شده ترکیبی از واحدهای سنجش، آنالیز و بهینه‌سازی به منظور تولید لوازم انعطاف‌پذیر برای استفاده در زمانبندی است، که موجب به حداقل رساندن مصرف انرژی می‌شود. داده‌های برنامه‌ریز پیشنهادی به کمک جی‌پلاگ[۳۰] جمع‌آوری شده است، جی‌پلاگ با داده‌های خارجی مانند روز، هفته، تعطیلات ارتباط دارد. نتایج آزمایش کاهش مصرف انرژی را نشان می‌دهد. در جدول (۱) خلاصه‌ای از مقالات بررسی شده در بحث آگاه از متن تشریح شده است.

۵- نتیجه‌گیری

با گذشت بیش از یک دهه از معرفی خانه هوشمند، در این مقاله تحقیقات مرتبط با بحث زمانبندی در حوزه‌های مدیریت انرژی و آگاه از متن به عنوان رویکردهای مهم مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور روش تحقیق جمع‌آوری مجموعه تحقیقات انجام شده در این زمینه تشریح شده است. با پیروی از روش تحقیق بیان شده، مجموعه‌ای از مجلات و کنفرانس‌های معتبر در این زمینه انتخاب و مقالات ارائه شده در آن‌ها به‌عنوان منابع تحقیق گردآوری شده است. با دسته‌بندی تحقیقات در این زمینه موضوعات مرتبط با مدیریت انرژی و آگاه از متن در این مقاله مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

بر اساس بررسی‌های انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که موضوعات مرتبط با دو حوزه پرکاربرد، مدیریت انرژی و آگاه از متن بیشترین تحقیقات کاربردی را به خود اختصاص داده‌اند. در حالی که موضوعات مرتبط با ارتباطات که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است به عنوان تحقیقات مستقل، در حال افزایش هستند. با بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه‌های مدیریت انرژی و آگاه از متن می‌توان نتیجه گرفت:

تحقیقات جاری در این زمینه را می‌توان به دسته‌های زیر تقسیم کرد:

- بهبود و توسعه الگوریتم‌های موجود
- ارائه الگوریتم‌های خاص منظوره
- ارزیابی الگوریتم‌های موجود
- حرکت به سمت تلفیق و استفاده از الگوریتم‌ها با استفاده از روش‌های قطعه بندی[۳۱].
- تحقیقات از تنوع و تکثر روش‌ها در سال‌های اولیه به سمت استانداردسازی و تلفیق الگوریتم‌ها در حرکت است.

تحقیقات آینده در زمینه خانه هوشمند می‌تواند در قالب توسعه ابزار و همچنین ارائه ابزارهای تست انجام گیرد.

[۲۹] Bapat

[۳۰] Jplug

[۳۱] Method Fragment

۶- مراجع

[1] Whitmore, Andrew, Anurag Agarwal, and Li Da Xu. "The Internet of Things—A survey of topics and trends." *Information Systems Frontiers* 17, no. 2 (2015): 261-274.
[2] Da Xu, Li, Wu He, and Shancang Li. "Internet of things in industries: A survey." *IEEE Transactions on industrial informatics* 10, no. 4 (2014): 2233-2243.
[3] Said, Omar, and Mehedi Masud. "Towards internet of things: Survey and future vision." *International Journal of Computer Networks (IJCN)* 5, no. 1 (2013): 1-17.
[4] Atzori, Luigi, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. "The internet of things: A survey." *Computer networks* 54, no. 15 (2010): 2787-2805.
[5] Baraka, Kim, Marc Ghobril, Sami Malek, Rouwaida Kanj, and Ayman Kayssi. "Low cost arduino/android-based energy-efficient home automation system with smart task scheduling." In *Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN), 2013 Fifth International Conference on*, pp. 296-301. IEEE, 2013.
[6] Shinwari, Merwais, Amr Youssef, and Walaa Hamouda. "A water-filling based scheduling algorithm for the smart grid." *IEEE Transactions on Smart Grid* 3, no. 2 (2012): 710-719.
[7] Tushar, Mosaddek Hossain Kamal, Chadi Assi, Martin Maier, and Mohammad Faisal Uddin. "Smart microgrids: Optimal joint scheduling for electric vehicles and home appliances." *IEEE Transactions on Smart Grid* 5, no. 1 (2014): 239-250.
[8] Han, Dae-Man, and Jae-Hyun Lim. "Smart home energy management system using IEEE 802.15. 4 and zigbee." *IEEE Transactions on Consumer Electronics* 56, no. 3 (2010).
[9] Han, Jinsoo, Chang-Sic Choi, Wan-Ki Park, Ilwoo Lee, and Sang-Ha Kim. "Smart home energy management system including renewable energy based on ZigBee and PLC." *IEEE Transactions on Consumer Electronics* 60, no. 2 (2014): 198-202.
[10] Agarwal, Yuvraj, Bharathan Balaji, Rajesh Gupta, Jacob Lyles, Michael Wei, and Thomas Weng. "Occupancy-driven energy management for smart building automation." In *Proceedings of the 2nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Building*, pp. 1-6. ACM, 2010.
[11] Han, Jinsoo, Chang-Sic Choi, Wan-Ki Park, Ilwoo Lee, and Sang-Ha Kim. "PLC-based photovoltaic system management for smart home energy management system." *IEEE Transactions on Consumer Electronics* 60, no. 2 (2014): 184-189.
[12] Batista, N. C., R. Melício, J. C. O. Matias, and J. P. S. Catalão. "Photovoltaic and wind energy systems monitoring and building/home energy management using ZigBee devices within a smart grid." *Energy* 49 (2013): 306-315.
[13] De Angelis, Francesco, Matteo Boaro, Danilo Fuselli, Stefano Squartini, and Francesco Piazza. "A comparison between different optimization techniques for energy scheduling in smart home environment." In *Neural Nets and Surroundings*, pp. 311-320. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
[14] Venayagamoorthy, Ganesh Kumar, and Richard L. Welch. "Energy dispatch controllers for a photovoltaic system." *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 23, no. 2 (2010): 249-261.
[15] Gudi, Nikhil, Lingfeng Wang, Vijay Devabhaktuni, and Soma Shekara Sreenadh Reddy Depuru. "A demand-side management simulation platform incorporating optimal management of distributed renewable resources." In *Power Systems Conference and Exposition (PSCE), 2011 IEEE/PES*, pp. 1-7. IEEE, 2011.
[16] Morais, Hugo, Peter Kadar, Pedro Faria, Zita A. Vale, and H. M. Khodr. "Optimal scheduling of a renewable micro-grid in an isolated load area using mixed-integer linear programming." *Renewable Energy* 35, no. 1 (2010): 151-156.
[17] Huang, Vicky Ling, Ponnuthurai N. Suganthan, and Jing J. Liang. "Comprehensive learning particle swarm optimizer for solving multiobjective optimization problems." *International Journal of Intelligent Systems* 21, no. 2 (2006): 209-226.
[18] Bastiaansen, Leen, Filip De Fruyt, Gina Rossi, Christiaan Schotte, and Joeri Hofmans. "Personality disorder dysfunction versus traits: Structural and conceptual issues." *Personality Disorders: Theory, Research, and Treatment* 4, no. 4 (2013): 293.
[19] Pedrasa, Michael Angelo A., Ted D. Spooner, and Iain F. MacGill. "Coordinated scheduling of residential distributed energy resources to optimize smart home energy services." *IEEE Transactions on Smart Grid* 1, no. 2 (2010): 134-143.
[20] Longe, O. M., K. Ouahada, S. Rimer, H. Zhu, and H. C. Ferreira. "Effective energy consumption scheduling in smart homes." In *AFRICON, 2015*, pp. 1-5. IEEE, 2015.
[21] Carli, Raffaele, and Mariagrazia Dotoli. "Energy scheduling of a smart home under nonlinear pricing." In *Decision and Control (CDC), 2014 IEEE 53rd Annual Conference on*, pp. 5648-5653. IEEE, 2014.
[22] Liu, Wei, Yozo Shoji, and Ryoichi Shinkuma. "Logical correlation-based sleep scheduling for energy-efficient WSNs in smart homes." In *Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2015 IEEE 26th Annual International Symposium on*, pp. 2026-2031. IEEE, 2015.
[23] Chaouch, Haithem, and Jaleleddine Ben Hadj Slama. "Modeling and simulation of appliances scheduling in the smart home for managing energy." In *Electrical Sciences and Technologies in Maghreb (CISTEM), 2014 International Conference on*, pp. 1-5. IEEE, 2014.
[24] Rajasekhar, Batchu, and Naran M. Pindoriya. "Multi-stage scheduling for a smart home with solar PV and battery energy storage—A case study." In *Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT ASIA), 2015 IEEE*, pp. 1-6. IEEE, 2015.
[25] Antonopoulos, Ch P., Vassilis Kapsalis, and Loukas Hadellis. "Optimal scheduling of smart homes' appliances for the minimization of energy cost under dynamic pricing." In *Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), 2012 IEEE 17th Conference on*, pp. 1-4. IEEE, 2012.
[26] Yaghmaee, Mohammad Hossein, Morteza Moghaddassian, and Alberto Leon Garcia. "Power Consumption Scheduling for Future Connected Smart Homes Using Bi-Level Cost-Wise Optimization Approach." In *Smart City 360°*, pp. 326-338. Springer International Publishing, 2016.
[27] Marco, Severini, Stefano Squartini, Gian Piero Surace, and Francesco Piazza. "Smart Home Task and Energy Resource Scheduling Based on Nonlinear Programming." In *Recent Advances of Neural Network Models and Applications*, pp. 175-185. Springer International Publishing, 2014.
[28] Perera, Charith, Arkady Zaslavsky, Peter Christen, and Dimitrios Georgakopoulos. "Context aware computing for the internet of things: A survey." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 16, no. 1 (2014): 414-454.
[29] Tang, Jiliang, Huiji Gao, Xia Hu, and Huan Liu. "Context-aware review helpfulness rating prediction." In *Proceedings of the 7th ACM conference on Recommender systems*, pp. 1-8. ACM, 2013.
[30] Liang, Yunji, Xingshe Zhou, Zhiwen Yu, Haipeng Wang, and Bin Guo. "A context-aware multimedia service scheduling framework in smart homes." *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking* 2012, no. 1 (2012): 67.
[31] Hong, Zheng, Pan Li, and Wang Jingxiao. "Context-aware scheduling algorithm in smart home system." *China Communications* 10, no. 11 (2013): 155-164.
[32] Vemu, Koteswara Rao. "Improving Activity Prediction and Activity Scheduling in Smart Home Networks for Enhanced QoS." In *International Conference on Distributed Computing and Internet Technology*, pp. 261-264. Springer International Publishing, 2015.
[33] Alam, Muhammad Raisul, Mamun Bin Ibne Reaz, and MA Mohd Ali. "SPEED: An inhabitant activity prediction algorithm for smart homes." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans* 42, no. 4 (2012): 985-990.
[34] Shih, Chia-Yen, Marcus Handte, and Pedro José Marrón. "Real-Time Context Activity Scheduling for smart space." In *Pervasive Computing (JCPC), 2009 Joint Conferences on*, pp. 619-622. IEEE, 2009.
[35] Jingxiao, Wang, Zheng Hong, and Sun Nigang. "Research on Context-aware Scheduling Algorithm Based on Correlation in Smart Home Environment." In *Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops & PhD Forum (IPDPSW), 2012 IEEE 26th International*, pp. 2312-2315. IEEE, 2012.
Processing Symposium Workshops & PhD Forum (IPDPSW), 2012 IEEE 26th International, pp. 2312-2315. IEEE, 2012.
[36] Bapat, Tanuja, Neha Sengupta, Sunil Kumar Ghai, Vijay Arya, Yedendra Babu Shrinivasan, and Deva Seetharam. "User-sensitive scheduling of home appliances." In *Proceedings of the 2nd ACM SIGCOMM workshop on Green networking*, pp. 43-48.ACM, 2011.