نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، صفحه ۱۶۰ – ۱۴۱

مدیریت هوشمند انرژی در ساختمان‌های اداری با استفاده از سیستم کنترل تردد

[۱] وحید نجف‌پور

چکیده

در این مقاله، سیستم هوشمندی جهت مدیریت همزمان مصرف انرژی و کنترل تردد در ساختمان‌های اداری ارائه می‌شود که با ایجاد بستری امن برای رصد و کنترل تردد، امکان ارائه سرویس‌های جانبی دیگری نظیر سیستم ثبت قرار ملاقات و سیستم اعلام هشدار را فراهم می‌سازد. این سیستم از واحدهای مختلفی تشکیل شده است که هریک در بخشی از ساختمان مثل ورودی، اتاق کارمندان و اتاق مدیریت نصب می‌گردند و در هرلحظه با واحد پردازشگر مرکزی در ارتباط هستند. در ادامه این مقاله، وظایف هرکدام از واحدها مورد بحث قرارگرفته و نمونه‌هایی از عملکرد کلی سیستم شرح داده می‌شود. در نهایت نتایج تجربی حاصل از ساخت و آزمایش نمونه اولیه در یک ساختمان هفت اتاقه مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مقاله در جهت اهداف کلان نشریه انرژی ایران بوده و به اشاعه اندیشه‌ها و خلاقیت‌های علمی و اعتلای سطح دانش نظری و کاربردی در زمینه انرژی می‌پردازد.

تاریخ دریافت:
۱۳۹۸ / ۹ / ۱۲

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹ / ۳ / ۴

کلمات کلیدی:
مدیریت مصرف، ساختمان اداری، مدیریت انرژی، کنترل هوشمند، خانه هوشمند، هوشمندسازی.

۱. استادیار دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا(ص) (نویسنده مسئول) v.najafpoor1@gmail.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر تکنولوژی‌های مبتنی بر برق و کامپیوتر با پیشرفت چشم‌گیری همراه بوده‌اند. تا جایی که امروزه این تکنولوژی‌ها توانسته‌اند در نقش دستیاری قابل اعتماد جهت انجام کارهای روزانه برای انسان ظاهر شوند [۱۱]. تکنولوژی خانه هوشمند یکی از نمودهای بارز در این زمینه می‌باشد [۱۲]. خانه هوشمند یا اتوماسیون خانگی یک فناوری نوظهور و در حال گسترش است که در پایین‌ترین سطح خود می‌تواند به خدمات و محصولاتی اشاره داشته باشد که بدون دخالت صاحب‌خانه عمل یا پیامی را در محیط خانه اجرا می‌کنند یا به نمایش درمی‌آورند [۲۰].

در حال حاضر محققان و شرکت‌های متعددی در تلاش هستند که کارکرد و نفوذ این تکنولوژی هوشمند را گسترش داده و بهبود بخشند. مقاله [۸] سیستمی مبتنی بر شبکه برای شناسایی آتش‌سوزی جهت استفاده در سیستم‌های خانه هوشمند ارائه داده است. هدف مقاله [۳] ارائه یک سیستم خانه هوشمند کوچک است که با استفاده از شبکه بی‌سیم مبتنی بر میکروکنترلر آردوینو طراحی و ساخته شده است. نویسندگان در [۱۵] امکان کنترل کامل خانه به وسیله سیستم‌های اتوماسیون را به عنوان هدف نهایی هوشمندسازی ساختمان مورد بررسی قرار داده‌اند. به این منظور آنها از سیستم‌های مخابراتی سیار در قالب پیام کوتاه جهت کنترل تمامی تجهیزات داخل ساختمان شامل لامپ‌ها، سیستم تهویه مطبوع، سیستم امنیتی و... استفاده کرده‌اند.

مدیریت مصرف انرژی الکتریکی همواره یکی از اساسی‌ترین مسائل صنعت برق هر کشور بوده است. مقاله [۲] ابتدا سیاست‌ها و ابزارهای مدیریت بار و مصرف انرژی الـکتریکی را بررسی نموده و سپس نتایج اجرای این سیاست‌ها و تأثیرات آنها بر جانب تقاضای انرژی الکتریکی را مورد ارزیابی قرار داده است. یکی از اصلی‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی الکتریکی، شهرها و منازل می‌باشند. حرکت به سمت مدیریت هوشمند انرژی نه‌تنها نیاز به تغییرات در روش عرضه انرژی دارد، بلکه نیازمند بهبود روش مصرف انرژی نیز می‌باشد [۱۰, ۱۳]. در نتیجه هوشمندسازی ساختمان‌ها می‌تواند به عنوان یکی از مؤثرترین راهکارها در جهت مدیریت انرژی در سمت مصرف‌کننده مطرح گردد [۴, ۷]. در همین راستا، مقاله [۱] تابلوهای برق هوشمندی جهت استفاده در اماکن مسکونی و اداری ارائه کرده است که موجب حذف جریان‌های نشت، کنترل بهینه سیستم‌های سرمایش و گرمایش و کاهش تلفات حرارتی در

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

تأسیسات ساختمان می‌گردد. در مقاله [۵] سخت افزاری جهت مدیریت انرژی خانه هوشمند با کاربردهای ارتباطات ، فناوری سنجش و الگوریتم یادگیری ماشین طراحی شده است. با استفاده از طراحی پیشنهاد شده در این مقاله، مصرف کنندگان می‌توانند به راحتی از یک استراتژی کنترلی پاسخگو به قیمت لحظه‌ای برق، برای بارهای مسکونی مانند بخاری برقی، تهویه مطبوع، وسیله نقلیه برقی و... بهره جویند. نویسندگان [۱۰] یک سیستم مدیریت هوشمند انرژی در خانه مبتنی بر شبکه حسگر زیگبی[1] ارائه داده‌اند. سیستم پیشنهادی وظایف مختلف شبکه خانگی را به اجزای مناسب تقسیم کرده و اختصاص می‌دهد. همچنین این سیستم اطلاعات حسگرهای فیزیکی متنوع را در اختیار کاربر قرار داده و دستگاه‌های مختلف خانگی را کنترل می‌کند. در مقاله [۱۹] ابتدا یک معماری کلی مبتنی بر شبکه هوشمند برای سیستم مدیریت انرژی در خانه معرفی شده و سپس یک روش برنامه‌ریزی کارآمد برای استفاده از آن پیشنهاد شده است.

در هوشمندسازی ساختمان‌ها تجهیزات بسیار زیادی با استانداردهای مختلف مورد استفاده قرارمی‌گیرند. یکی از پرکاربردترین آنها، شناسایی رادیو فرکانسی (RFID[2]) میباشد [۱۴]. RFID یک تکنولوژی بی‌سیم میباشد که می‌تواند در ساخت سیستم‌های کنترل دسترسی کاربرد بسیاری داشته باشد. مقاله [۱۷] استفاده این تکنولوژی در پروژه‌های مختلف در مقیاس خانگی تا صنعتی را مورد بررسی قرار داده است. نویسندگان در [۱۸] کاربرد تکنولوژی RFID را در سیستم کنترل هوشمند بلیط گزارش کرده‌اند. در [۹] سیستمی جهت کنترل اتوماتیک پارک خودروها بر پایه تکنولوژی RFID در شهر نوی ساد صربستان توسعه داده شده است. مقاله [۱۶] یک سیستم کنترل دسترسی مبتنی بر RFID مرتبط با تشخیص چهره توصیف کرده است. این سیستم چهره کسی که کارت RFID را در اختیار دارد تشخیص می‌دهد و در صورت تشخیص عدم مالکیت شخص نسبت به کارت، اجازه دسترسی نمی‌دهد.

با پیاده سازی سیستم کنترل دسترسی در ساختمان‌ها، افراد جهت تردد موظف به استفاده از کارت شناسایی الکترونیکی شخصی خود می‌باشند. به این صورت مجموعه‌ای از اطلاعات در مورد موقعیت افراد در دسترس قرار می‌گیرد که می‌تواند در امور مدیریتی و کنترلی بسیار مفید باشد. در این راستا، یکی

1. ZigBee
2. Radio-frequency identification

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

از اصلی‌ترین موارد، مدیریت منابع انرژی می‌باشد. هدف این مقاله ارائه سیستمی مقرون به صرفه جهت مدیریت هوشمند منابع انرژی در یک ساختمان اداری می‌باشد که مبنای کارکرد آن اطلاعات مربوط به تردد افراد می‌باشد. در این سیستم جهت اعمال کنترل تردد در مجموعه مورد نصب از کارت‌های RFID استفاده می‌شود. سیستم ارائه شده با برخورداری از گستردگی بالا قابلیت افزایش امکانات و نصب در اماکنی با اهمیت بالای کنترل تردد را دارد.

هدف کلی این مقاله به‌صورت خلاصه شامل موارد زیر میباشد:

- ارائه سیستمی مقرون به صرفه جهت مدیریت مصرف انرژی بر پایه اطلاعات حاصل از کنترل تردد
- ایجاد بستری جهت کنترل تردد در ساختمان‌های اداری
- قابلیت توسعه و افزایش امکانات جهت نصب در ساختمان‌های با اهمیت بالای کنترل تردد

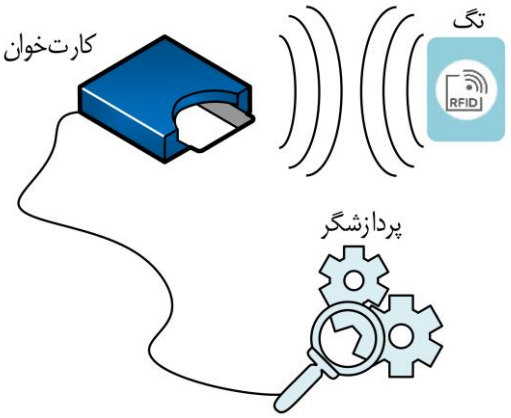
لازم به ذکر است که این مقاله در جهت اهداف کلان نشریه انرژی ایران بوده و به اشاعه اندیشه‌ها و خلاقیت‌های علمی و اعتلای سطح دانش نظری و کاربردی در زمینه انرژی می‌پردازد. در ادامه، ابتدا مسئله به‌صورت کامل تشریح شده و تعریف می‌گردد. سپس به بررسی ساختار سیستم ارائه شده پرداخته شده و عملکرد آن بررسی می‌گردد. در بخش پنجم مقاله، قابلیت‌های حفاظتی سیستم پیشنهاد شده مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت، نتایج عملی پیاده سازی سیستم مورد ارزیابی قرار گرفته و نتیجه‌گیری می‌شود.

۲. بیان مسئله

مدیریت انرژی در ساختمان‌ها همواره دارای اهمیت بالایی بوده است. در ساختمان‌های اداری روند عادی به این صورت می‌باشد که تمامی بخش‌های ساختمان تحت کنترل یک سیستم مرکزی می‌باشند و به‌صورت غیر مستقل کنترل میگردند. به عنوان مثال، سیستم تهویه مطبوع تمامی بخش‌ها در ساعتی مشخص روشن شده و در ساعتی دیگر به یکباره خاموش میگردد. همچنین کنترل مشخصی بر روی سایر سیستم‌های الکتریکی موجود در ساختمان وجود ندارد. در نتیجه، اتلاف انرژی در این نوع ساختمان‌ها بسیار بالا می‌باشد. امروزه با پیشرفت علم و ظهور تکنولوژی‌های جدید فرصت مناسبی جهت استفاده از ادوات الکترونیکی هوشمند برای مدیریت مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری ایجاد شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

همان‌طور که قبلا ذکر شد، RFID یک تکنولوژی بی‌سیم می‌باشد که کاربرد زیادی برای کنترل دسترسی در پروژه‌های هوشمندسازی دارد. شکل (۱) ساختار کلی این تکنولوژی را نمایش می‌دهد. تکنولوژی RFID از سه جزء با نام‌های تگ[1]، کارت‌خوان[2] و پردازشگر تشکیل می‌شود. کارت‌خوان اطلاعات تگ را خوانده و به پردازشگر منتقل می‌کند و بعد از پردازش اطلاعات فرمان‌های از پیش تعیین شده از سمت پردازشگر صادر می‌گردد. باند فرکانسی این سیستم بسیار متنوع بوده و شامل فرکانس‌های پایین تا فرکانس‌های مایکروویو می‌شود [۶].



شکل (۱). تکنولوژی RFID

در این مقاله هدف اصلی ارائه یک سیستم یکپارچه جهت مدیریت انرژی در ساختمان‌های اداری با استفاده از تکنولوژی RFID می‌باشد. مبنای عملکرد این سیستم اطلاعات مربوط به تردد افراد در ساختمان می‌باشد. به این صورت که در بخش‌ها و اتاق‌های مختلف ساختمان گیرنده‌های مخصوص کارت RFID نصب می‌گردد و اشخاص جهت تردد در ساختمان نیاز به استفاده از کارت‌های RFID خواهند داشت. به عنوان مثال، کارمندان برای ورود به ساختمان یا اتاق خود ملزم به استفاده از کارت خود می‌باشند. به این ترتیب، اطلاعات دقیقی از تردد کارمندان به وسیله گیرنده RFID جمع‌آوری

1. Transponder (tag)
2. Interrogator (reader)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

می‌گردد. این اطلاعات می‌توانند به وسیله بستری مناسب به واحد پردازش مرکزی ارسال شده و در مدیریت انرژی مورد استفاده قرار گرفته شوند. به بیان بهتر، واحد پردازش مرکزی با در دست داشتن وضعیت لحظه‌ای هر اتاق، کنترل مستقلی بر تجهیزات داخل اتاق داشته و با توجه به سناریوهای از پیش تعیین شده از اتلاف انرژی جلوگیری می‌کند.

هدف جانبی متصور در این مقاله پیاده سازی سیستم کنترل دسترسی و پایش تردد در ساختمان‌های اداری به واسطه سیستم پیشنهادی می‌باشد. یعنی با استفاده از بستر مورد استفاده جهت مدیریت انرژی، امکان کنترل تردد در ساختمان نیز فراهم شود. به این صورت که هرفرد به‌صورت تعریف شده اجازه دسترسی به بخش‌های خاصی از ساختمان را داشته باشد و شرح تردد وی در سیستم ثبت گردد. همچنین سیستم ثبت قرار ملاقات و سیستم هشدار یکپارچه از امکانات دیگر قابل ارائه توسط این سیستم می‌باشد که در این مقاله به عنوان اهداف دیگر مورد بررسی قرارگفته شده‌اند.

۳. واحدهای سیستم

شکل (۲) ساختار کلی سیستم پیشنهادی را نمایش میدهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، سیستم ارائه شده شامل واحدهایی از قبیل گیت، مرکزی، پایش و اتاق می‌باشد که هر کدام وظیفه مشخصی داشته و در بخشی از ساختمان نصب می‌گردد. این درحالی است که تمامی واحدها به طور مستقیم با واحد مرکزی در ارتباط بوده و عملکرد آنها وابسته و تحت کنترل این واحد می‌باشد. در ادامه این بخش، ساختار واحدهای مختلف این سیستم و شرح وظایف آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]



شکل ۲. ساختار کلی سیستم

۳-۱. پردازش مرکزی

این واحد به عنوان مغز سیستم در تمامی عملکردهای آن نقش مستقیم دارد. تمامی واحدها در تماس مستقیم با واحد پردازش مرکزی بوده و عملکرد آنها تحت تأثیر این واحد می‌باشد. وظیفه این واحد دریافت درخواست واحدهای مختلف و بررسی امکان صدور مجوز می‌باشد. واحد پردازش مرکزی مجهز به حافظه بوده و تمامی وقایع و ترددهای انجام گرفته به همراه جزئیات در آن ذخیره می‌گردد.

پردازشگر این واحد با توجه به عملکرد مورد انتظار از آن می‌تواند از میان پردازنده‌های نسبتاً ضعیف میکروکنترلر اتمگا[1] تا پردازنده‌های قدرتمند رزبری[2] و کامپیوتری انتخاب شود. در سیستم‌های ساده و با توابع کمتر، میکروکنترلرهای آردوینو[3] می‌تواند انتخاب مناسبی جهت پردازش اطلاعات باشند. اما در سیستم‌های با تعداد واحدهای زیاد و حجم پردازش بالا، پردازشگر این واحد برپایه سیستم کامپیوتری

1. AT Mega
2. Raspberry
3. Arduino

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

انتخاب می‌شود. محل نصب واحد پردازش مرکزی بسته به نوع ارتباط آن با واحدهای دیگر می‌تواند مرکز یا هر نقطه دیگری از ساختمان و مجموعه باشد.

۳-۲. گیت

این واحد در محل ورود و خروج ساختمان نصب می‌گردد و وظیفه اصلی آن کنترل ورود و خروج افراد و گزارش ترددها به واحد پردازش مرکزی می‌باشد. در سیستم پیشنهادی، شناسایی هویت افراد در واحد گیت به وسیله ماژول RFID انجام می‌گیرد. به این صورت که افراد در هنگام ورود و خروج ملزم به نزدیک کردن کارت شخصی از پیش تعیین شده خود به کارت‌خوان واحد گیت می‌باشند. این واحد با استخراج شماره کارت، آن را به واحد پردازش مرکزی ارسال می‌کند و منتظر مجوز تردد برای باز کردن درب می‌ماند. تعریف کارت تردد از دیگر وظایف متصور برای این واحد می‌باشد که نیازمند حضور اپراتور و سخت‌افزار لازم مانند صفحه کلید و نمایشگر می‌باشد. پردازش توابع این این واحد بسیار ساده بوده و به همین دلیل امکان استفاده از پردازنده‌های آردوینو برای این واحد وجود دارد.

۳-۳. اتاق

همان‌طور که از نام این واحد مشخص است، محل نصب آن در ورودی اتاق‌ها و یا بخش‌های مستقل و جدا از هم سیستم می‌باشد. این واحد کنترل کلیه تجهیزات موجود در اتاق را در دست داشته و وظیفه اصلی آن اجرای سناریوهای مختلف بر روی این تجهیزات می‌باشد. فرمان انجام سناریوها از جانب واحد پردازش مرکزی ارسال می‌شود؛ در نتیجه لازم است واحد اتاق در هرلحظه با واحد پردازش مرکزی در ارتباط باشد. وظیفه دیگر این واحد انجام کنترل تردد می‌باشد. به همین دلیل، واحد اتاق نیز همانند واحد گیت مجهز به کارت‌خوان RFID بوده و افراد جهت تردد در محل تحت کنترل آن، نیازمند استفاده از کارت شخصی می‌باشند. با نزدیک کردن تگ به کارت‌خوان موجود در واحد اتاق شماره تگ جهت بررسی به واحد پردازش مرکزی ارسال شده و در صورت صدور مجوز، اجازه تردد صادر می‌شود.

تجهیزات موجود در اتاق می‌توانند به دو دسته تقسیم شوند. بعضی از این تجهیزات مانند سیستم دوربین امنیتی و سیستم اعلام حریق در تمامی طول روز باید متصل به منبع انرژی بوده و فعال باشند. گروه دیگری از تجهیزات وجود دارند که استفاده آنها منوط به حضور کارمند در اتاق می‌باشد. کنترل این

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

گروه در دست واحد اتاق بوده و این واحد می‌تواند در مواقع عدم حضور کارمند در اتاق طبق سناریوهای از پیش تعیین شده بر روی منبع انرژی این تجهیزات مدیریت داشته‌باشد.

سناریوها و توابع مختلفی جهت اجرا در واحد اتاق قابل تعریف می‌باشند. همچنین تجهیزات تحت کنترل این واحد نیز می‌تواند بسیار متعدد و درجه کنترل مختلف باشد. از این رو بار پردازشی واحد اتاق به شرایط بهره‌برداری آن وابسته است. در نتیجه پردازنده این واحد از مدل‌های نسبتا قوی آردوینو و یا نمونه‌های ضعیف رزبری انتخاب گردد.

۳-٤. پایش

تمامی عملکردها و سناریوهای سیستم در این واحد و به دست اپراتور تعیین می‌شود. یعنی به‌وسیله واحد پایش تنظیم می‌شود که در هنگام ورود فرد به اتاق، کدام سناریو و به چه صورت اجرا شود. علاوه بر این، واحد پایش با ارسال کدهای مشخص به واحد پردازش مرکزی میتواند به حافظه سیستم دسترسی پیدا کرده و با درخواست اپراتور وضعیت فعلی سیستم و یا تاریخچه آن را نمایش دهد. سخت افزار این واحد بر حسب نیاز می‌تواند از یک کامپیوتر تا یک برد آردوینو متغیر باشد. عملکردهای این واحد به‌صورت خلاصه می‌توانند به شرح زیر باشد.

- تعیین سطح دسترسی افراد
- مشاهده تاریخچه تردد افراد
- مشاهده تاریخچه ورود و خروج اتاق‌ها و ساختمان
- مشاهده مکان لحظه‌ای اشخاص
- مشاهده وضعیت لحظه‌ای هر اتاق
- اضافه و حذف کردن افراد به لیست کارمندان

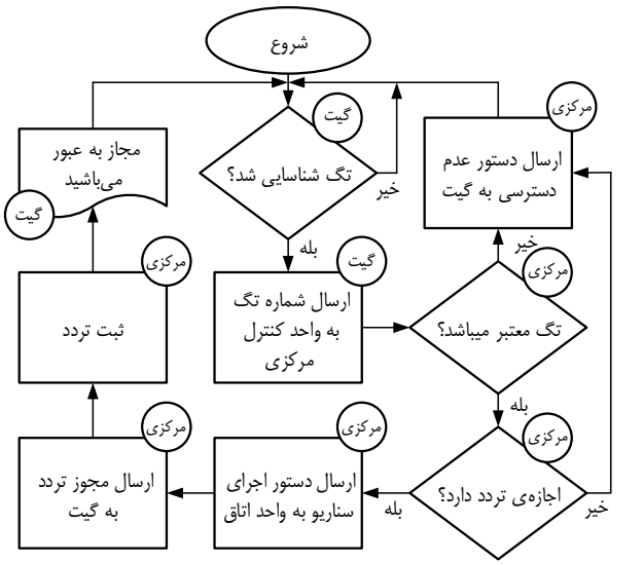
٤. عملکرد سیستم

با توجه به نوع ساختمان مورد نصب این سیستم و نیازمندی‌های آن، میتوان عملکردهای متفاوتی برای این سیستم تعریف کرد. در این بخش عملکردهای پایه‌ای سیستم مورد بحث و بررسی قرار داده می‌شوند. لازم به ذکر است که عملکردهای ذکر شده به عنوان نمونه و پایه تعریف شده و قطعاً قابل تغییر می‌باشند. همچنین امکان تعریف عملکرد و سناریوهای دیگر نیز در این سیستم وجود دارد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

٤-۱. ورود و خروج

شکل (۳) روندنمای ورود و خروج افراد را نمایش می‌دهد. در سیستم پیشنهادی، همه کارمندان ساختمان دارای یک کارت RFID می‌باشند که در هنگام ورود و خروج، ملزم به نزدیک کردن این کارت به کارت‌خوان گیت می‌باشند. گیت در هرلحظه آماده شناسایی کارت می‌باشد. با نزدیک کردن کارت، شماره تگ آن خوانده شده و جهت بررسی از سمت واحد گیت به واحد پردازش مرکزی ارسال می‌گردد. واحد پردازش مرکزی در ابتدا اعتبار شماره تگ را سنجیده و هویت مالک آن را شناسایی می‌کند. سپس اجازه تردد شخص به وسیله این واحد مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه، اگر شخص مجاز به تردد باشد دستوری از جانب واحد پردازش مرکزی به اتاق مربوطه جهت اجرای سناریوی ورود یا خروج ارسال می‌گردد. نهایتاً، مجوز عبور به واحد گیت ارسال شده و تردد مربوطه به همراه جزئیات در حافظه واحد پردازش مرکزی ثبت می‌گردد. سناریوی ورود یا خروج می‌تواند عملکردهای مختلفی را پیاده کند. به عنوان مثال می‌توان روشن شدن سیستم گرمایشی و یا سرمایشی را به عنوان بخشی از سناریوی ورود تعریف کرد. اجرای بعضی دستورات از پیش تعیین‌شده مانند باز کردن پرده یا روشن شدن چای‌ساز از دیگر عملکردهای ممکن جهت تعریف در این سناریو می‌باشند.

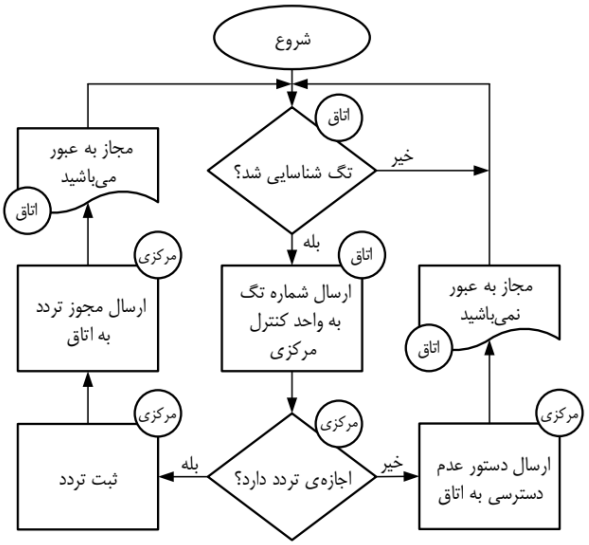


شکل ۳. روندنمای ورود و خروج افراد

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

٤-۲. تردد در ساختمان

همان‌طور که قبلا ذکر شد، سیستم پیشنهادی در این مقاله در کنار مدیریت انرژی به عنوان وظیفه اصلی، می‌تواند در نقش سیستم کنترل دسترسی برای ساختمان قرار داشته باشد. به این ترتیب که با تجهیز واحدهای اتاق به کارت‌خوان RFID و قفل الکتریکی، تمامی افراد جهت تردد در داخل ساختمان و ورود به اتاق‌ها ملزم به استفاده از کارت تگ شخصی باشند. شکل (۴) روندنمای کنترل دسترسی و تردد در ساختمان را نمایش می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، با نزدیک کردن کارت تگ فرد به کارت‌خوان RFID موجود در اتاق، در اولین مرحله شماره تگ از سمت واحد اتاق به واحد پردازش مرکزی ارسال می‌گردد. با دریافت شماره تگ در واحد پردازش مرکزی، این واحد اجازه دسترسی این شماره را به اتاق مربوطه بررسی می‌کند. در صورت وجود مجوز تردد، واحد پردازش مرکزی این تردد را به همراه جزئیات در حافظه خود ثبت کرده و پاسخ را به واحد اتاق ارسال می‌کند. در غیراین‌صورت، واحد پردازش مرکزی پاسخ منفی را به واحد اتاق ارسال کرده و این پاسخ به وسیله تجهیزاتی مانند بازر و یا نمایشگر به اطلاع شخص رسانده می‌شود.



شکل ۴. روندنمای تردد در ساختمان

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

۵. قابلیت استفاده به عنوان سیستم حفاظتی

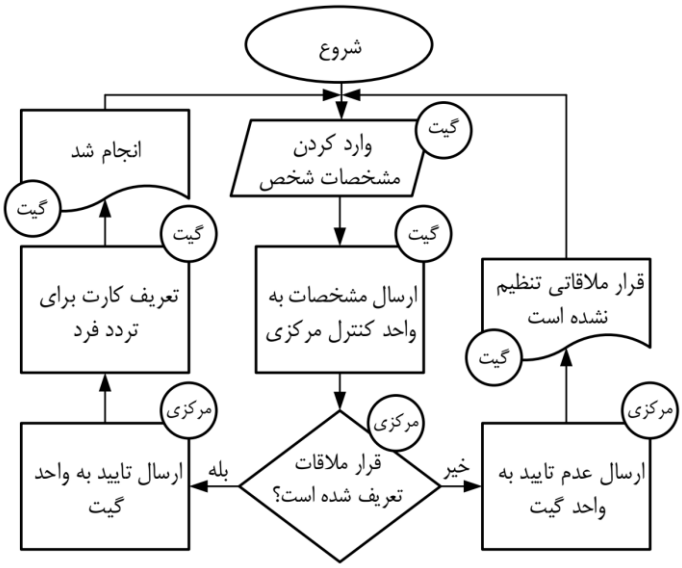
اهمیت کنترل تردد در برخی از مجموعه‌ها خیلی بیشتر از اماکن عادی می‌باشد. معمولاً در چنین مجموعه‌هایی علاوه بر کارمندان افراد عادی نیز به عنوان مراجعه کننده تردد دارند. لذا لزوم وجود سیستمی هوشمند جهت کنترل تردد در چنین ساختمان‌هایی به وضوح احساس می‌شود. با افزودن به قابلیت‌های سیستم ارائه شده، می‌توان از همین سیستم جهت مقاصد حفاظتی نیز استفاده کرد. در ادامه دو قابلیت حفاظتی ممکن جهت اضافه شدن به سیستم مورد تعریف و بررسی قرار می‌گیرند.

۵-۱. قابلیت ثبت ملاقات

با اضافه کردن این قابلیت به سیستم، کارمندان می‌توانند از اتاق خود قرار ملاقات تنظیم کنند. به این منظور، کارمند مشخصات فرد مورد نظر را در واحد اتاق وارد می‌کند. این مشخصات می‌تواند کد ملی یا نام و یا هردو باشند. مشخصات وارد شده توسط واحد اتاق به واحد کنترل مرکزی ارسال گشته و این واحد با دریافت مشخصات، قرار ملاقات شخص مربوطه با اتاق ارسال کننده را در حافظه ثبت می‌کند. البته این فرایند نیازمند وجود صفحه کلید و نمایشگر در واحد اتاق می‌باشد.

ایجاد امکان تعریف کارت برای مراجعه‌کنندگان در واحد گیت از ملزومات دیگر اضافه شدن این قابلیت به سیستم می‌باشد. شکل (۵) روند تعریف کارت در واحد گیت را نمایش می‌دهد. مراجعه کنندگان جهت کسب مجوز ورود به ساختمان باید کارت شناسایی معتبر خود را به متصدی گیت ارائه‌دهند. متصدی بعد از تطبیق مشخصات با وارد کردن مشخصات شخص در واحد گیت، برای تعریف کارت تردد اقدام می‌کند. مشخصات وارد شده توسط واحد گیت به واحد پردازش مرکزی ارسال می‌شود. این واحد وجود قرارملاقات را برای این مشخصات بررسی کرده و نتیجه را به واحد گیت باز می‌گرداند. درنهایت، اگر قرار ملاقاتی برای مشخصات وارد شده وجود داشته باشد، واحد گیت پیغام «انجام شد» را نمایش داده و کارت تردد صادر می‌گردد. شخص با استفاده از کارت صادرشده بسته به سطح دسترسی از پیش تعیین شده می‌تواند به اتاق مورد قرار یا اتاق‌های دیگر دسترسی پیدا کند. در غیر این صورت این واحد با نمایش پیغام «عدم دسترسی»، خطای صدور کارت را اعلام می‌کند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]



شکل ۵. روندنمای تعریف کارت در واحد گیت

۵-۲. قابلیت هشدار یکپارچه

بسیاری از اماکن حساس نیازمند سیستمی جهت اعلام هشدار در مواقع ضروری می‌باشند. در این مواقع معمولا دستورالعمل‌های از پیش تعیین‌شده‌ای وجود دارد که توسط اشخاص یا سیستم‌های مختلف به اجرا گذاشته می‌شود. این دستورالعمل‌ها می‌تواند در قالب سناریوی هشدار برای سیستم پیشنهادی در این مقاله تعریف گردد و با توجه به گستردگی این سیستم در سطح ساختمان در قالب سیستم هشدار یکپارچه ارائه گردد.

به این منظور کلیه واحدهای اتاق مجهز به شستی هشدار می‌گردند. با فشردن این شستی واحد اتاق پیغام اعلام هشدار را به واحد پردازش مرکزی ارسال می‌کند و سناریوی هشدار به‌صورت همزمان در اتاق مورد خطر به اجرا در می‌آید. واحد پردازش مرکزی بعد از دریافت پیغام هشدار، کل ساختمان را در وضعیت هشدار قرار می‌دهد و سناریوهای از پیش تعیین شده در ساختمان به اجرا در می‌آیند. همچنین این واحد یک پیغام حاوی مکان خطر به واحد پایش ارسال می‌کند و به این ترتیب متصدی واحد پایش از بروز خطر در واحد مربوطه آگاه می‌گردد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

سناریوی وضعیت هشدار می‌تواند بسته به نوع ساختمان و شرایط موجود در آن متفاوت باشد. روشن شدن چراغ‌های خطر و به صدا درآمدن آژیر در سطح ساختمان می‌تواند بخشی از این سناریو باشد. همچنین توقف تردد و صدور کارت در واحد گیت و ازکارافتادن کارت افراد مراجعه کننده از دیگر سناریوهای قابل پیاده‌سازی برای وضعیت هشدار می‌باشند.

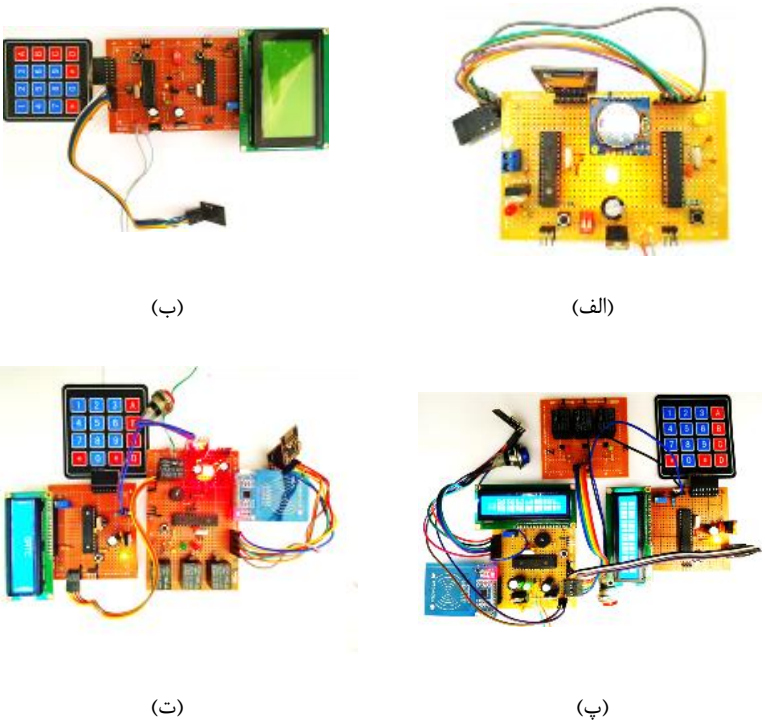
٦. ساخت و پیاده‌سازی آزمایشی

ارزیابی عملکرد هر سیستم به‌صورت واقعی و عملی همواره از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. در این راستا، سیستم پیشنهادی در قالب بردهای مختلف و به‌صورت آزمایشی جهت نصب در یک مجموعه با تعداد ۷ اتاق ساخته شده است. به دلیل تعداد کم اتاق‌ها و همچنین سادگی سناریوهای تعریف شده، برد آردوینو UNO به عنوان پردازشگر هر واحد انتخاب شده است. همچنین ماژول RFID استفاده شده از نوع MFRC522 بوده و تمامی واحدها با استفاده از ماژول NRF24L01 با یکدیگر به‌صورت بی‌سیم در ارتباط می‌باشند. لوازم الکتریکی به کار رفته در این اتاق‌ها تجهیزات استاندارد و معمول موجود در ادارات از قبیل موارد زیر بوده است:

- سیستم روشنایی موجود در هر اتاق
- کامپیوتر موجود در ۵ اتاق
- چای‌ساز موجود در سه اتاق
- سیستم گرمایشی و سرمایشی موجود در تمامی اتاق‌ها
- تجهیزات شبکه موجود در ۵ اتاق

محل پیاده سازی آزمایشی ساختمان مربوط به یک شرکت خصوصی می‌باشد و بهره‌برداری در دو دوره هشت ساعته و یک هفته‌ای انجام شده است. در این بهره‌برداری سیستم‌های کامپیوتری در اکثر ساعات روشن بوده و بقیه تجهیزات در زمان حضور کارمندان فعال شده است. شکل (۶) تصویری از بردهای ساخته شده را نمایش می‌دهد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]



(الف) (ب)

(پ) (ت)

شکل ۶. تصاویر برد ساخته شده برای هر واحد.

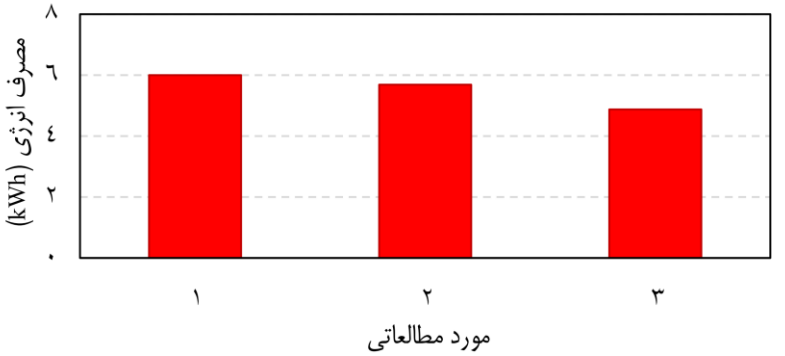
الف) واحد پردازش مرکزی، ب) واحد پایش، پ) واحد اتاق، ث) واحد گیت

٦-١. بهره‌برداری هشت ساعته

در مرحله اول، سیستم به‌صورت ۸ ساعته مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. بهره‌برداری از ساعت ۸صبح شروع شده و تا ساعت ۱۶ ادامه داشته است و دربرگیرنده یک روز کامل اداری بوده است. طی این مدت سعی شده است تا رفتار تمامی کارکنان طبق روال عادی هر روزه باشد تا نتیجه حاصل بازتاب مناسبی از ارزیابی سیستم ارائه شده در محیط واقعی کار باشد. همچنین جهت ارزیابی دقیق تر تأثیر پیاده‌سازی سیستم پیشنهادشده در میزان مصرف انرژی، عملکرد آن در مجموعه مورد آزمایش تحت سه مورد مطالعاتی بررسی شده است. در مورد مطالعاتی اول، ساختمان بدون نصب این سیستم و با کنترل مجتمع به بهره‌برداری رسیده است. در مورد دوم چهار اتاق از مجموعه به این سیستم مجهز شده‌اند. در مورد مطالعاتی سوم نفوذ سیستم در مجموعه افزایش پیداکرده و تمامی اتاق‌های آن به این سیستم مجهز

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

شده‌اند. در ادامه، دست آورد نصب این سیستم به‌صورت عددی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شکل(۷) میزان مصرف انرژی را در سه مورد نمایش می‌دهد.



شکل ۷. میزان مصرف انرژی الکتریکی در بهره‌برداری ۸ ساعته

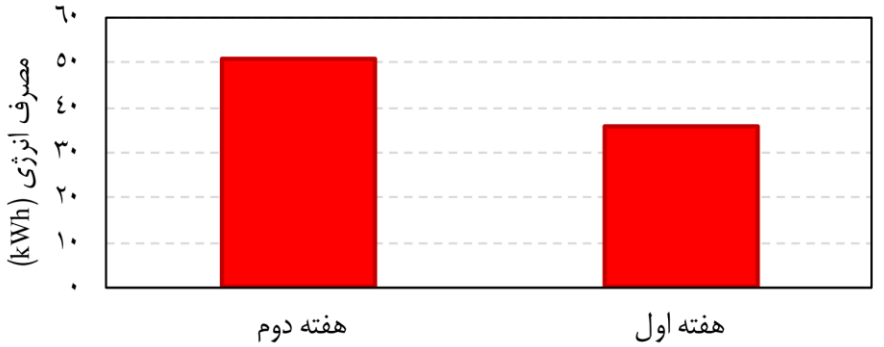
همان‌طور که در شکل (۷) نمایش داده شده است، با افزایش نفوذ سیستم پیشنهادی در سطح مجموعه، مصرف انرژی در حدود ۱۸ درصد کاهش پیدا کرده‌است. دلیل این موضوع مدیریت و قطع منبع انرژی تجهیزات در زمان‌هایی می‌باشد که استفاده‌ای ندارند. این در حالی است که با احتساب احتمال مرخصی کارمندان، کاهش بیشتری در میزان مصرف انرژی متصور می‌گردد.

از نگاهی دیگر این عملکرد علاوه بر کاهش مصرف انرژی با خاموش کردن خودکار تجهیزاتی از قبیل چای‌ساز که اتصال همیشگی آنها به منبع انرژی خطرساز است، باعث افزایش اطمینان و بازدهی مجموعه می‌گردد. امکان سنجی انجام کنترل تردد به‌صورت هم‌زمان با مدیریت منابع انرژی از دیگر اهداف ساخت نمونه آزمایشی بود که مشاهده شد با افزایش نفوذ سیستم پیشنهادی در مجموعه مورد آزمایش، کنترل تردد بسیار کارآمدتری در مجموعه حاکم شد که می‌تواند برای ساختمان‌های با اهمیت بالای کنترل تردد ارزش بالایی داشته باشد. در نتیجه می‌توان گفت با پیاده سازی سیستم پیشنهادی، علاوه بر کاهش مصرف انرژی، سطح رفاه و امنیت ساختمان به‌صورت چشم‌گیری افزایش پیدا می‌کند. پرواضح است که با افزایش تعداد کل اتاق‌های سیستم، دست‌آورد نهایی سیستم پررنگ‌تر می‌گردد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

۶-۲. بهره‌برداری یک هفته‌ای

در ادامه کار، جهت بررسی بهتر، عملکرد سیستم ارائه شده در همان ساختمان برای یک هفته (شش روز کاری و یک روز تعطیل) مورد ارزیابی قرار گرفته است. در طول این هفته دو مرخصی یک روزه ثبت شده است و روز آخر هفته (جمعه) تعطیل بوده است. به این منظور، در هفته اول ساختمان به مدت یک هفته بدون نصب سیستم ارائه شده به بهره برداری رسیده است. در هفته دوم سیستم پیشنهادی در کل ساختمان نصب شده و ساختمان مجددا برای یک هفته مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. نتایج حاصل در شکل (۸) نمایش داده شده است.



شکل ۸. میزان مصرف انرژی الکتریکی در بهره‌برداری یک هفته‌ای

همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان مصرف برق در هفته اول و بدون نصب سیستم برابر با ۵۱کیلووات ساعت می‌باشد؛ این در حالی است که در هفته دوم و بعد از نصب سیستم ارائه شده میزان مصرف انرژی الکتریکی به ۳۶ کیلو وات ساعت تقلیل پیدا کرده است. این میزان کاهش مصرف انرژی معادل ۲۹ درصد صرفه‌جویی می‌باشد. مقایسه درصد کاهش مصرف انرژی در بهره‌برداری یک هفته‌ای و بهره‌برداری ۸ ساعته نشان می‌دهد که دست‌آورد حاصل با افزایش ساعات بهره‌برداری چشمگیرتر بوده است. قطع برق تجهیزات الکتریکی و به حداقل رساندن سیستم روشنایی در روز جمعه یکی از اصلی ترین دلایل این امر بوده است. همچنین وجود دو مورد مرخصی یک روزه و قطع برق بخش مربوطه آنها در طول مرخصی از دیگر عوامل کاهش بیشتر مصرف انرژی در بهره‌برداری یک هفته‌ای بوده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

۷. نتیجه‌گیری

در این مقاله، سیستمی جهت کنترل هوشمند ساختمان‌های اداری با استفاده از اطلاعات حاصل از کنترل تردد ارائه شد. سیستم ارائه شده شامل واحدهای پردازش مرکزی، واحد گیت، واحد اتاق و واحد پایش می‌باشد. هرکدام از این واحدها بسته به وظیفه خود در مکان مناسب خود در سطح ساختمان نصب می‌گردند. این سیستم به عنوان وظیفه اصلی مدیریت انرژی ساختمان را برعهده دارد. به این منظور، سیستم پردازش مرکزی در هرلحظه با تمامی واحدها در ارتباط می‌باشد و دستورات مدیریتی را بر اساس ترددهای شکل گرفته در ساختمان صادر می‌کند.

کنترل دسترسی دومین وظیفه این سیستم می‌باشد. با نصب این سیستم در ساختمان، افراد جهت تردد در ساختمان نیازمند به کارت تگ شخصی می‌باشند. سیستم قادر خواهد بود تا دسترسی افراد را با استفاده از کارت‌های تگ محدود کند و تاریخچه آن را ثبت نماید. علاوه بر این با اضافه کردن قابلیت‌هایی از قبیل ثبت قرار ملاقات و هشدار یکپارچه، نصب سیستم در ساختمان‌های با اهمیت بالای حفاظت بسیار مناسب و کارآمد خواهد بود. سیستم پیشنهادی جهت ارزیابی عملکرد، به‌صورت آزمایشی ساخته شد و در یک ساختمان با ۷ اتاق نصب گردید. بررسی‌ها نشان داد که نصب این سیستم در مجموعه مورد آزمایش در بازه ۸ ساعته با ۱۸٪ و در بازه یک هفته‌ای با ۲۹ درصد صرفه جویی در انرژی مصرفی و افزایش سطح امنیت، اطمینان و رفاه کلی مجموعه همراه بود. این مقاله با محوریت اهداف کلان نشریه انرژی ایران گردآوری شده و به اشاعه اندیشه‌ها و خلاقیت‌های علمی و اعتلای سطح دانش نظری و کاربردی در زمینه انرژی پرداخت.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

منابع

[۱] بهرامی و همکاران (۲۰۰۴). "مدیریت انرژی با تابلو برق هوشمند". نشریه انرژی ایران، ۸(۳)، صص۴۲-۲۹ .
[۲] هرندی، ف. (۲۰۰۴). "بررسی عملکرد ابزارهای مدیریت مصرف انرژی الکتریکی در ایران". نشریه انرژی ایران، ۸(۴)، صص ۵۴-۳۱.

[3] Adriansyah A. and A.W. Dani (2014). “Design of Small Smart Home System based on Arduino in 2014 Electrical Power”, Electronics Communicatons, Control and Informatics Seminar (EECCIS). IEEE.
[4] Han D. M. and J. H. Lim (2010). Smart Home Energy Management System using IEEE 802.15. 4 and zigbee. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 56(3), pp.1403-1410.
[5] Hu Q. and Li F. (2013). Hardware Design of Smart Home Energy Management System with Dynamic Price Response. IEEE Transactions on Smart grid, 4(4), pp. 1878-1887.
[6] Huang K.S. and S.M. Tang (2008). RFID Applications Strategy and Deployment in Bike Renting System in 2008, 10th International Conference on Advanced Communication Technology. IEEE.
[7] Kirschen D.S. (2003). Demand-side View of Electricity Markets. IEEE Transactions on power systems, 18(2), pp. 520-527.
[8] Lee K.C. and H.H. Lee (204). Network-based fire-detection system via controller area network for smart home automation. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 50(4), pp. 1093-1100.
[9] Ostojic G. et al. (2007). Implementation of RFID Technology in Parking Lot Access Control System in 2007, 1st Annual RFID Eurasia. IEEE.
[10] Palensky P. and D. Dietrich (2011). Demand Side Management: Demand Response, intelligent Energy Systems and Smart Loads. IEEE transactions on industrial informatics, 7(3), pp. 381-388.
[11] Ricquebourg V. et al. (2006). The Smart Home Concept: our Immediate Future. in 2006, 1st IEEE International Conference on E-learning in Industrial Electronics, IEEE.
[12] Robles R.J. and T.H. Kim (2010). Applications Systems and Methods in Smart Home Technology”. Int. Journal of Advanced Science And Technology, No.15, pp. 37-48.
[13] Shon T. and Y. Park (2009). A Hybrid Adaptive Security Framework for IEEE 802.15. 4-based Wireless Sensor Networks. KSII Transactions on Internet & Information Systems, 3(6).
[14] Spekman R.E. and P.J. Sweeney (2006). “RFID: from Concept to Implementation”. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]

[15] Teymourzadeh R. et al. (2013). Smart gsm based Home Automation System. in 2013 IEEE Conference on Systems, Process & Control (ICSPC). IEEE.
[16] Wu D. L. et al. (2010). Access Control by RFID and Face Recognition based on Neural Network. in 2010 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. IEEE.
[17] Wu D.L. et al. (2009). A Brief Survey on Current RFID Applications in 2009 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. IEEE.
[18] Yan B. and D. Lee. (2009). Design of Sight Spot Ticket Management System based on RFID in 2009 International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing. IEEE.
[19] Zhao Z. et al. (2013). An Optimal Power Scheduling Method for Demand Response in Home Energy Management System. IEEE transactions on Smart Grid. 4(3), pp. 1391-1400.
[20] Zhou B. et al. (2016). "Smart Home Energy Management Systems: Concept, Configurations and Scheduling Strategies". Renewable and Sustainable Energy Reviews, No. 61, pp. 30-40.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-12]