فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری
دوره ۸، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱
صفحات ۸۳-۹۱
Print ISSN: 2476-5082
www.uctjournals.com

کاربرد اینترنت اشیا در هوشمندسازی شبکه‌های توزیع برق

علیرضا شیشه بری
دکتری مدیریت، شرکت سیم و کابل ستاره یزد، یزد، ایران
a.shishebori@setarehcable.com

چکیده

رشد شبکه هوشمند برق را به طور کلی می‌توان متشکل از مشتری، تولید کننده، بخش انتقال و توزیع و ارتباط مخابرات دانست. بخش مخابرات به عنوان اصلی ترین بخش شبکه های هوشمند ارتباط قسمت های مختلف را به صورت دو طرفه برقرار کرده و در میان هر بخش نیز نقش کلیدی ایفا می نماید. از آنجائی که شبکه هوشمند، تلفیقی از شبکه های برق موجود و شبکه های پیشرفته می باشد، دستیابی به آن، جز با فراهم ساختن زیرساخت فناوری اطلاعات مخابراتی مطمئن و کارا امکان پذیر نمی باشد. برای شبکه هوشمند برق مدل های مفهومی متعددی توسط مراکز معتبر ارائه شده است. در این مقاله به منظور جمع آوری داده ها، از بانک های اطلاعاتی مربوط به ایستگاه برق استفاده شده و پس از پیش پردازش بر روی داده ها، داده های مفید جهت کاهش مصرف انرژی در ایستگاه برق مبتنی بر اینترنت اشیا با تحلیل رفتار مصرفی و با استفاده از الگوریتم های بهینه ساز ازدحام ذرات (PSO) و ماشین بردار پشتیبان (SVM)، در اختیار قرار گرفته و در نتیجه می توان با سرعت بهتر و دقت بالاتری فرآیند کاهش مصرف انرژی را ارائه نمود. در انتها پس از انجام ارزیابی های انجام شده نشان داده خواهد شد که راهکار پیشنهادی بخوبی توانسته است معیارهای اصلی مورد ارزیابی از جمله معیار دقت، فراخوانی، صحت و همچنین زمان اجرا را به نسبت سایر راهکارها بهینه نماید بطوریکه به کمک این روش می توان با دقت بالا و همچنین در زمان کمتری رفتار کاربران را تحلیل و بررسی نمود.

واژه‌های کلیدی: هوشمندسازی شبکه های برق؛ شبکه های توزیع برق؛ تکنولوژی اینترنت اشیاء

مقدمه

با رشد تکنولوژی، نیاز به انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف تجاری، اداری، مسکونی، صنعتی و کشاورزی نیز افزایش می یابد. با رویکرد فعلی صنعت برق و استفاده از سوخت های فسیلی در تولید انرژی، تولید گازهای گلخانه ای روز به روز افزایش خواهد یافت. در حال حاضر ۶۰٪ از تولید گازهای گلخانه ای مربوط به تولید انرژی می‌باشد. شبکه‌های هوشمند به عنوان یکی از مهم‌ترین اهداف پیش رو در صنعت برق، راه حل این معضل را با استفاده از سوخت های پاک و تجدید پذیر، کاهش تلفات و مدیریت مصرف امکان پذیر ساخته اند. استفاده از سوخت های تجدیدپذیر و پاک، ایجاد رقابت در بازار انرژی و کم کردن فاصله تولید کننده و مصرف کننده با در نظر گرفتن منابع انرژی های توزیع شده، پیک بار را کم کرده و منحنی بار را تا حد امکان صاف می نماید؛ و همچنین با توجه به رشد روزافزون تقاضای انرژی و لزوم پاسخگویی مناسب به آن، مدیریت هوشمندانه انرژی از منابع تولیدی مختلف از اهمیت بسزایی برخوردار است. شبکه هوشمند، با ایجاد قابلیت پایش مداوم، برقراری ارتباطات زمان واقعی، کنترل و پاسخگویی سریع و مناسب به هر نوع پیشامد در شبکه، امکان مدیریت هوشمندانه سیستم را فراهم می سازد. چالش اصلی شبکه های هوشمند مدیریت انواع مختلف اجزای موجود در شبکه، ایجاد ارتباط ایمن و کارا با آنها، دریافت و پردازش حجم عظیم داده‌ها در زمان واقعی، پاسخگویی سریع در شرایط نرمال و بحرانی می باشد. شبکهی هوشمند یک شبکه ی پیشرفته ی الکتریکی می باشد که از تکنولوژی ها، ابزارها و روش های مدرن کنترلی برای تسریع در پاسخ گویی و برآوردن نیازها استفاده می کند. شبکه ی هوشمند ترکیبی از سه زیرساخت الکتریکی، ارتباطی و اطلاعاتی می باشد. هم زمان با پیشرفت های گسترده در زیرساخت الکتریکی، مشکلات و چالش های جدیدی نیز در زیر ساخت **IT** پدید می‌آید[۱]. شبکه‌ی توزیع الکتریکی یکی از مهم ترین و گسترده ترین بخش های شبکه هوشمند می باشد که امکان ارتباط دو طرفه میان شرکت توزیع و مصرف کننده (مشترکین) را فراهم می کند. شبکه هوشمند برق را به طور کلی می توان متشکل از مشتری، تولید کننده، بخش انتقال و توزیع و ارتباط مخابرات دانست. بخش مخابرات به عنوان اصلی ترین بخش شبکه های هوشمند ارتباط قسمت های مختلف را به صورت دو طرفه برقرار کرده و در میان هر بخش نیز نقش کلیدی ایفا می نماید. از آنجائی که شبکه هوشمند، تلفیقی از شبکه های برق موجود و شبکه های پیشرفته می باشد، دستیابی به آن، جز با فراهم ساختن زیرساخت **ICT** مخابراتی مطمئن و کارا امکان پذیر نمی باشد. لذا انتخاب سیستم مخابراتی مناسب از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. برای شبکه هوشمند برق مدل های مفهومی متعددی توسط مراکز معتبر **PF** از جمله **F** و **NISTP** ارائه شده است. در این مدل ها بازیگران و **ETSI** برای شبکه هوشمند برق **ETSI** ارتباطات آنها تعیین شده است. مؤسسه یک مدل سه لایه ای شامل: لایه انرژی، لایه کنترل و ارتباطات و لایه سرویس در نظر گرفته است [۲]. عناصر لایه انرژی شامل بخش های تولید، منابع انرژی پراکنده، انتقال و توزیع است. در لایه کنترل و ارتباطات، پاسخگویی بار، مخابرات، ارتباطات و اطلاعات وجود دارد. همچنین در لایه سرویس، اپراتورها و بازیگران بازار برق وجود دارند. چارچوب کلی ساختار شهر هوشمند در واقع تعامل حکمرانی هوشمند، مردم هوشمند و زیرساخت های هوشمند می باشد که در این بین حکمرانی هوشمند با فراهم کردن زیرساخت های هوشمند زیرساخت مورد نیاز برای توسعه شاخص های زندگی سالم را برای شهروندان فراهم می کند و در طرف مقابل شهروندان بازخوردهایی را برای بهبود و تعالی شاخص های زندگی سالم به حکمرانی هوشمند انتقال می دهند. در واقع شهر هوشمند، شهری است که با سرمایه گذاری در سرمایه های انسانی و زیرساخت های ارتباطی از جمله حمل و نقل هوشمند، شبکه توزیع برق هوشمند، انرژی هوشمند، سلامت و مراقبت های بهداشتی هوشمند باعث رشد اقتصادی و کیفیت بالای زندگی شود. شهر هوشمند دارای مؤلفه های متعددی مانند حکمرانی هوشمند، انرژی هوشمند، ساختمان هوشمند، حمل و نقل هوشمند، زیرساخت هوشمند، تکنولوژی هوشمند، سلامت و مراقبت های بهداشتی هوشمند و شهروند هوشمند می باشد. یکی از زیرساخت های مهم و حیاتی در بحث شهر هوشمند، مفهوم شبکه های توزیع برق هوشمند است در حوزه انرژی هوشمند مورد استفاده قرار می گیرد. علاوه بر ضرورت کاهش مصرف انرژی از لحاظ اقتصادی، عواملی نظیر بالا بودن رشد جمعیت و تقاضای بیشتر برای انرژی، محدود بودن منابع انرژی به دلیل تحلیل پذیر بودن منابع، استفاده از الگوهای غلط مصرف انرژی و در نتیجه به هدر رفتن میزان زیاد انرژی، وجود نداشتن سیستمی برای بازیافت انرژی، افزایش گازهای گلخانه

ای و باران های اسیدی، نیز بر ضروریت این امر می افزاید. از طرفی دیگر در حال حاضر، تقاضای انرژی و بحران زیست محیطی، توسعه خودروهای برقی و انرژی های تجدید پذیر از جمله خورشیدی و نیروی باد را تسریع کرده است. با این حال شارژ فعالیت های خودروهای برقی و تولید انرژی تجدید پذیر همیشه متناوب است و اگر کنترل نشده باشد ممکن است تأثیر قابل توجهی در شبکه برق همچون اضافه بار رخ بدهد. مراحل موجود در روش پیشنهادی جهت کاهش مصرف انرژی با تحلیل رفتار کاربران در ایستگاه های مختلف برق مبتنی بر اینترنت اشیا به شرح ذیل می باشد [۳].

روش تحقیق

جمع آوری اطلاعات: به منظور جمع آوری داده ها، از بانک های اطلاعاتی مربوط به ایستگاه برق استفاده خواهد شد.

پیش پردازش بر روی داده ها: جهت ایجاد یک مدل کارآمد، قبل از طراحی و اجرای سیستم پیشنهادی، یک پیش پردازش بر روی داده ها صورت می گیرد تا نمونه ها که اطلاعات ناقصی از آنها موجود است، در مراحل طراحی مدل و آماده سازی روش پیشنهادی مورد پردازش و بررسی قرار نگیرند. با انجام پیش پردازش بر روی داده ها، حجم اطلاعات کاهش یافته، داده های مفید جهت کاهش مصرف انرژی در ایستگاه برق مبتنی بر اینترنت اشیا با تحلیل رفتار مصرفی در اختیار قرار گرفته و در نتیجه می توان با سرعت بهتر و دقت بالاتری فرآیند کاهش مصرف انرژی را ارائه نمود.

انتخاب ویژگی های بهینه با استفاده از الگوریتم بهینه ساز ازدحام ذرات (**PSO**):

پس از اینکه داده های مربوطه پیش پردازش شدند و مجموعه ای استاندارد و بدون داده های پرت ایجاد شد، به منظور افزایش دقت در کاهش مصرف انرژی با تحلیل رفتار مصرف در ایستگاه برق مبتنی بر اینترنت اشیا و همچنین افزایش سرعت پردازش اطلاعات، ابعاد داده ها را با استفاده از الگوریتم **PSO** کاهش می دهیم. بدین منظور کلیه داده های پیش پردازش شده به عنوان ورودی به الگوریتم **PSO** وارد می شوند. الگوریتم نیز بر روی داده ها اعمال شده و ویژگی ها را وزن دهی می کند. در نهایت آن دسته از ویژگی هایی که دارای وزن بیشتری بوده و تأثیر بیشتری بر روی داده ها دارند به عنوان ویژگی برجسته انتخاب می گردند. خروجی این مرحله در الگوریتم ماشین بردار پشتیبان جهت کاهش مصرف انرژی با تحلیل رفتار مصرف در ایستگاه برق مبتنی بر اینترنت اشیا استفاده می شود [۴].

تفکیک داده های آموزشی (**Train**) و آزمایشی(**Test**):

پس از انتخاب ویژگی های بهینه توسط الگوریتم انتخاب ویژگی **PSO** جهت تولید مدل های مربوطه و ارزیابی روش پیشنهادی لازم است قسمتی از داده - های نهایی را به عنوان داده های آموزشی و قسمتی نیز به عنوان داده های آزمایشی تفکیک گردد. در این پژوهش ۷۰٪ از داده ها به عنوان نمونه های آموزشی و ۳۰٪ از داده ها نیز به عنوان نمونه های آزمایشی جهت ارزیابی نهایی جداسازی می شوند. ساخت مدل از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (**SVM**): پس از جمع آوری داده ها، انجام پیش پردازش بر روی آنها و در نهایت اعمال الگوریتم **PSO** نمونه های **Test**و **Train** جدا شده و به عنوان ورودی به الگوریتم ماشین بردار پشتیبان اعمال می گردد. الگوریتم **SVM** مدل مربوطه را بر اساس نمونه های **Train** تولید نموده و در نهایت بر اساس داده ها و نمونه های **Test** دقت شناسایی افراد جهت کاهش مصرف انرژی با تحلیل رفتار مصرف برق در ایستگاه برق مبتنی بر اینترنت اشیا به سیستم را ارزیابی می کند. این مرحله توسط ابزارهای داده کاوی رپیدماینر و یا متلب انجام می شود [۵].

تجزیه و تحلیل: پس از ساخت مدل جهت کاهش مصرف انرژی با تحلیل رفتار مصرف در ایستگاه برق مبتنی بر اینترنت اشیا، نتایج را با استفاده از ابزارهایی مثل اکسل یا متلب و غیره تجزیه و تحلیل کرده و در قالب نمودار های مختلف ارائه می کنیم [۶].

تست و ارزیابی نتایج: در پایان، پس از اینکه روش پیشنهادی طراحی و مدل سازی شد، می بایست مورد تست و ارزیابی قرار گیرد. ارزیابی های مورد نیاز با استفاده از نرم افزارهای تست، نرم افزارهای داده کاوی و سایر نرم افزارهای مرتبط انجام می شود. در بخش بعد قسمت های مختلف روش پیشنهادی تشریح شده و با جزئیات مربوطه مورد بررسی قرار می گیرد [۷].

ضرورت تحقیق: کیفیت برق برای شبکه های توزیع بسیار مهم است و مانند بسیاری از موارد در زندگی، کیفیت نسبت به مقدار اهمیت بیشتری دارد. برق الکتریکی که به خانه ها و کسب و کار انتقال داده می شود، به طور فزاینده ای از مجموعه ای از منابع مهم تولید می شود. این منابع از انرژی های غیر مجاز (گاز و ذغال سنگ) به انرژی های تجدید پذیر مانند باد و خورشید متکی هستند. یکی از حوزه هایی که اینترنت اشیاء می تواند کمک به سزایی برای بهبود و توسعه آن داشته باشد، حوزهی شبکه های توزیع برق می باشد. فناوری اینترنت اشیاء ویژگی هایی مانند گردآوری داده ها، انتقال مطمئن و پردازش هوشمند را دارا بوده که فضای مناسبی برای فعالیت در حوزه شبکه های توزیع برق فراهم می کند. بعضی از کاربردهایی که اینترنت اشیاء در شبکه های هوشمند برق فراهم می کند به شرح لیست ذیل است. در واقع با گسترش اینترنت اشیاء و فراهم کردن سندهای راهبردی می توان اینترنت اشیاء را برای شبکه های توزیع برق در کشور پیاده سازی کرد تا توانایی استفاده از مزایای شبکه های هوشمند توزیع برق در کشور وجود داشته باشد [۸].

۱- پایش هوشمند شبکه های انتقال، تبدیل و توزیع برق کشور: در این حالت با قرار دادن دستگاههای مناسب در شبکه توزیع برق می توان داده های مورد نیاز را از شبکه های انتقال، تبدیل و توزیع برق دریافت کرد و سپس با تحلیل اطلاعات دریافتی، تصمیمات کنترلی و مدیریتی مناسب را اتخاذ نمود. با استفاده از تکنولوژی اینترنت اشیاء می توان مصرفی شبکه های هوشمند توزیع برق را کنترل کرد و در صورت گذر از میزان تعریف شده، تصمیمات کنترلی مناسب را اتخاذ کرد. بدین ترتیب با این کاربرد امکان نظارت و کنترل از راه دور روی تجهیزات الکتریکی وجود دارد [۹].

۲- پایش برخط و پیوسته خطوط و دکل های انتقال برق کشور: به کمک این مساله امنیت و قابلیت اطمینان شبکه های هوشمند توزیع برق تأمین می شود و این امر نیاز به کارایی کامل و صحت عملکرد هر یک از اجزای موجود در شبکه های هوشمند توزیع برق دارد. یکی از مهم ترین کاربردهای اینترنت اشیاء در شبکه های هوشمند توزیع برق، پایش و نظارت بر خطوط و دکل های انتقال برق می باشد که این تجهیزات باید از لحاظ شرایط مکانیکی، امنیت فیزیکی و شرایط محیطی به صورت پیوسته پایش شوند. امروزه ربات های هوشمندی با نام **Drones** با بکارگیری از ظرفیت و بستر این فناوری مهم، نظارت، بازرسی و اخذ گزارشات خرابی را از دکل های دور و غیر قابل دسترس دریافت کرده و به صورت آنلاین به مراکز سرور و یا پایگاه داده منتقل می کند تا در سریع ترین و مناسب ترین زمان ممکن عکس العمل مناسب صورت پذیرد. [۱۰].

۳- مدیریت دارایی های شبکه توزیع برق کشور: شبکه توزیع برق در تمامی نقاط کشور گسترده شده است و دارای تجهیزات بسیار زیاد و حیاتی درون سیستم خود می باشد. به همین جهت نیازمند یک ساز و کار مناسب برای پایش وضعیت تجهیزات و بررسی طول عمر مفید آنها می باشیم که به کمک اینترنت اشیاء و کارگذاری برچسب های مناسب روی تجهیزات و قرار دادن حسگرهای هوشمند داده در خطوط انتقال شبکه توزیع برق کشور وضعیت تجهیزات به صورت پیوسته پایش می شود و در صورت نیاز به تعویض و یا تعمیر تجهیزات شبکه توزیع برق این امر در سریع ترین زمان ممکن صورت میپذیرد تا از خرابی های احتمالی بعدی پیشگیری شود. به کمک این کار می توان از هدر رفت برق کشور و همچنین کاهش کیفیت برق تولیدی در کشور جلوگیری کرد [۱۱].

۴- سرویس های مربوط به خانه هوشمند: یکی از کاربردهای اینترنت اشیاء بحث خانه های هوشمند می باشد. اینترنت اشیا به طور کلی به بسیاری از چیزها شامل اشیا و وسایل محیط پیرامون مان که به شبکه اینترنت متصل شده و می توان توسط اپلیکیشن های موجود در تلفن های هوشمند و تبلت کنترل و مدیریت شوند، اشاره دارد. اینترنت اشیا به زبان ساده، ارتباط سنسورها و دستگاه ها با شبکه ای است که از طریق آن می توانند با یکدیگر و یا با کاربرانشان تعامل ایجاد نمایند. این مفهوم می تواند به سادگی ارتباط یک گوشی هوشمند با تلویزیون در یک خانه هوشمند باشد یا به پیچیدگی نظارت بر زیرساخت های شهری و ترافیک. از ماشین لباسشویی و یخچال گرفته تا لباس هایمان؛ این شبکه بسیاری از دستگاه های اطراف ما را در برمی گیرد. خانه هوشمند به خانه ای گفته می شود که در آن برخی از فعالیت های مورد نیاز ساکنین از طریق تلفن همراه هوشمند کنترل می شود. البته منظور این نیست که همه چیز مستقیما به اینترنت متصل می شوند. به عنوان مثال در خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، یک دستگاه اصلی به عنوان رابط یا گیت - وی به اینترنت متصل شده و سایر تجهیزات موجود

در خانه هوشمند از قبیل کلید لمسی هوشمند، رله هوشمند و پنل لمسی هوشمند به گیت وی متصل می شوند. در واقع گیت وی ارتباط سایر نودهای شبکه با اینترنت را برقرار می کند [۱۲].

فرضیه های تحقیق: با استفاده از تکنیک ماشین بردار پشتیبان می توان بار مصرفی برق را کاهش داد. . با استفاده از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی می توان مصرف انرژی در خانه های هوشمند را کاهش داد. . با استفاده از روش های یادگیری جمعی می توان مصرف انرژی در خانه های هوشمند را کاهش داد.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات ابزار: ابزار گرد آوری اطلاعات در این پژوهش ژورنالهای معروفی مثل **Science ،Elsevier Direct** و **Springer** بوده است. همچنین با توجه به قابلیت هایی که ابزار های متلب و ابزار داده کاوی رپیدماینر دار، در این تحقیق از این ابزار ها برای شبیه سازی روش مطرح شده استفاده می گردد. روش: استفاده از کنتورهای هوشمند (مانند فهام)، بومی سازی و نهادینه کردن تکنولوژی **IoT** در جامعه، فراگیر شدن **IoT** در همه جا و همه وسایل، استفاده از تکنولوژی بی سیم و بلوتوث جهت ارتباط لوازم خانگی.

روش

یکی از زیرساخت های مهم و حیاتی در بحث شهر هوشمند، مفهوم شبکه های توزیع برق هوشمند است که در حوزه انرژی هوشمند مورد استفاده قرار می گیرد. علاوه بر ضرورت کاهش مصرف انرژی از لحاظ اقتصادی، عواملی نظیر بالا بودن رشد جمعیت و تقاضای بیشتر برای انرژی، محدود بودن منابع انرژی به دلیل تحلیل پذیر بودن منابع، استفاده از الگوهای غلط مصرف انرژی و در نتیجه به هدر رفتن میزان زیاد انرژی، وجود نداشتن سیستمی برای بازیافت انرژی، افزایش گازهای گلخانه ای و باران های اسیدی، نیز بر ضروریت این امر می افزاید. از طرفی دیگر در حال حاضر، تقاضای انرژی و بحران زیست محیطی، توسعه خودروهای برقی و انرژی های تجدید پذیر از جمله خورشیدی و نیروی باد را تسریع کرده است. با این حال شارژ فعالیت های خودروهای برقی و تولید انرژی تجدید پذیر همیشه متناوب است و اگر کنترل نشده باشد ممکن است تأثیر قابل توجهی در شبکه برق همچون اضافه بار رخ بدهد. بر همین اساس در این فصل جزئیات مربوط به تکنیک هوشمندسازی شبکه های توزیع برق با استفاده از تکنولوژی اینترنت اشیاء ارایه می شود. در این راهکار از طریق بکارگیری الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات ویژگی های بهینه از داده های مربوط به بانک اطلاعتی ایستگاه برق استخراج می شود تا مجموعه ای استاندارد و بدون داده های پرت فراهم شود. سپس این ویژگی های تخلیص شده به عنوان ورودی برای الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (**SVM**) در نظر گرفته می شود تا بر اساس آن عملیات مربوط به یادگیری و تحلیل رفتار مصرف، انجام شود. در ادامه جزئیات مربوط به راهکار بیان شده است.

راهکار پیشنهادی در این بخش جزئیات مربوط به روش پیشنهادی ارایه می شود. در ادامه به بیان جزئیات هر بخش پرداخته می شود. در روش ارایه شده، قبل از اعمال داده ها به مدل پیشنهادی ابتدا فرایند پیش پردازش داده ها به منظور نرمال سازی آنها انجام می گیرد. این بخش شامل مراحل زیر می باشد: • همگن سازی داده ها (داده های آموزش و آزمون): در این بخش از طریق جایگذاری نویسه های حرفی مجموعه داده با مقادیر عددی یک نوع همگن سازی در سطح داده ها انجام می گیرد. •هنجارسازی داده ها (داده های آموزش و آزمون): در این بخش عدم توازن بین داده ها از بین میرود. زیرا تعدادی از ویژگی ها دارای مقادیر عددی بزرگ هستند که می توانند بر دیگر ویژگی ها مسلط شوند. در قدم بعدی عملیات مربوط به الگوریتم **PSO** انجام می گیرد در کل از طریق بهره گیری از الگوریتم **PSO** ویژگی های مهم داده ها استخراج می شود تا به کمک آن بتوان عملکرد کلی راهکار و همچنین کارایی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان افزایش یابد زیرا کاهش ویژگی در نهایت می تواند باعث افزایش کارایی الگوریتم **SVM** شود. در روش هایی که فاقد این قابلیت هستند، الگوریتم یادگیری مجبور به استفاده از ویژگی هایی است که ارتباط خاصی با عملیات تحلیل رفتار مربوط به مصرف ندارند. این نوع از یادگیری در واقع یادگیری با داده های پرت خواهد بود و تاثیر منفی بر روی راهکار می گذارد.

الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات **PSO** یک الگوریتم هوشمند بر اساس ازدحام است که از رفتار اجتماعی حیوانات؛ مانند

پرندگان که جهت یافتن منبع غذا تلاش می کنند یا دسته ای از ماهیان که از خود در برابر صیادان حفاظت می کنند؛ نشات گرفته شده است. یک ذره در **PSO** مشابه یک پرنده یا ماهی در فضای مسئله است. حرکت هر ذره بوسیله یک سرعت که دارای اندازه (بعد) و سرعت است، انجام می گیرد. موقعیت ذره در هر نمونه از زمان بوسیله بهترین موقعیت و موقعیت بهترین ذره در فضای مسئله تاثیر پذیر است. کارایی هر ذره توسط مقدار شایستگی که مختص
مسئله است اندازه گیری می شود. الگوریتم **PSO** مشابه دیگر الگوریتم های تکاملی است. در **PSO** جمعیت برابر با تعداد ذره ها در فضای مسئله است. ذرات بصورت تصادفی مقداردهی اولیه می شوند. هر ذره یک مقدار سازگاری خواهد داشت و بوسیله تابع سازگاری که بایستی در هر نسل بهینه شود، ارزیابی خواهد شد. به عبارت دیگر این راهکار معادل یک پرنده در الگوی حرکت جمعی پرندگان می باشد. هر ذره یک مقدار شایستگی دارد که توسط یک تابع شایستگی محاسبه می شود. هر چه ذره در فضای جستجو به هدف (غذا در مدل حرکت پرندگان) نزدیکتر باشد، شایستگی بیشتری دارد. همچنین هر ذره دارای یک سرعت است که هدایت حرکت ذره را بر عهده دارد. هر ذره با دنبال کردن ذرات بهینه در حالت فعلی، به حرکت خود در فضای مساله ادامه می دهد. به این شکل است که گروهی از ذرات **PSO** آغاز کار به صورت تصادفی به وجود می آیند و با به روز کردن نسل ها سعی در یافتن راه حل بهینه مینمایند. در واقع هر ذره بهترین مکان (**pbest**) و بهترین موقعیت تا بحال خود را از بین گروه کاملی از ذرات **gbest** پیدا می کند. **pbest** هر ذره بهترین نتیجه تا بحال بدست آمده بوسیله ذره است، در حالیکه **gbest** بهترین ذره به نسبت معیار سازگاری در کل جمعیت می باشد.

ارزیابی کارایی

علاوه بر ضرورت کاهش مصرف انرژی از لحاظ اقتصادی، عواملی نظیر بالا بودن رشد جمعیت و تقاضای بیشتر برای انرژی، محدود بودن منابع انرژی به دلیل تحلیل پذیر بودن منابع، استفاده از الگوهای غلط مصرف انرژی و در نتیجه به هدر رفتن میزان زیاد انرژی، بر ضروریت این امر می افزاید. از طرفی دیگر در حال حاضر، تقاضای انرژی و بحران زیست محیطی، توسعه خودروهای برقی و انرژی های تجدید پذیر از جمله خورشیدی و نیروی باد را تسریع کرده است. با این حال شارژ فعالیت های خودروهای برقی و تولید انرژی تجدید پذیر همیشه متناوب است و اگر کنترل نشده باشد ممکن است تأثیر قابل توجهی در شبکه برق همچون اضافه بار رخ بدهد. بر همین اساس در این پژوهش یک راهکار کارا به منظور هوشمندسازی توزیع برق به کمک تکنولوژی اینترنت اشیا ارایه گردید. بر همین اساس در ابتدا از طریق الگوریتم بهینه - سازی ازدحام ذرات ویژگی های اصلی از دیتاست مورد نظر استخراج می شود تا داده های تلخیص شده ای جهت بکارگیری در الگوریتم ماشین بردار پشتیبان بدست آید در ادامه از این داده ها به منظور بهینه سازی فرایند یادگیری الگوریتم ماشین بردار پشتیبان استفاده می شود تا دقت آن بالا رود. در ادامه این فصل به منظور ارزیابی راهکار، آن را در محیط زبان برنامه نویسی پایتون پیاده سازی نموده تا میزان صحت و دقت عملیات تشخیص رفتار کاربران در مقایسه با سایر راهکارها بدست آید.

مجموعه داده (دیتاست) مورد استفاده

جهت بررسی کارایی راهکار نیاز به مجموعه داده یا دیتاست می باشد که برای این منظور از دیتاست موجود در سایت **Kaggle** استفاده شده است. این مجموعه داده شامل میزان مصرف انرژی برق در خانه های **Restore** و هوشمند در یک بازه زمانی چهار ساله می باشد. این آرشیو شامل ۲۰۷۵۲۵۹ داده های جمع آوری شده از مصرف برق می باشد. در این پژوهش ۷۰٪ از داده ها به عنوان نمونه های آموزشی و ۳۰٪ از داده ها نیز به عنوان نمونه های آزمایشی جهت ارزیابی نهایی، در نظر گرفته شده است.

الگوریتم های ارزیابی

همچنین لازم به ذکر است در این مقاله راهکار پیشنهادی با ۲ الگوریتم زیر مورد مقایسه قرار گرفته است.

• راهکار مبتنی بر الگوریتم ماشین بردار پشتیبان : بردارهای پشتیبان به زبان ساده، مجموعه ای از نقاط در فضای **n** بعدی داده ها هستند که مرز دسته ها را مشخص می‌کند. راهکار مبتنی بر الگوریتم ماشین بردار پشتیبان؛ بردارهای پشتیبان به زبان

ساده، مجموعه ای از نقاط در فضای **n** بعدی داده ها هستند که مرز دسته ها را مشخص می کند و مرزبندی و دسته بندی داده ها براساس آنها انجام می شود و با جابجایی یکی از آنها، خروجی دسته بندی ممکن است تغییر کند. در **SVM** فقط داده های قرار گرفته در بردارهای پشتیبان مبنای یادگیری ماشین و ساخت مدل قرار می گیرند و این الگوریتم به سایر نقاط داده حساس نیست و هدف آن هم یافتن بهترین مرز در بین داده ها است به گونه ای که بیشترین فاصله ممکن را از تمام دسته ها داشته باشد.

• راهکار مبتنی بر شبکه های عصبی مصنوعی شبکه های عصبی مصنوعی (**ANN**): سیستم ها و روش های محاسباتی نوینی برای یادگیری ماشین، نمایش دانش و در انتها اعمال دانش به دست آمده در جهت پیش بینی پاسخ های خروجی از داده های پیچیده هستند. عنصر کلیدی این ایده، ایجاد ساختارهایی جدید برای سامانه پردازش اطلاعات است. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق العاده به هم پیوسته با نام نورون تشکیل شده که برای حل یک مسئله با هم هماهنگ عمل می کنند و توسط سیناپس ها اطلاعات را منتقل می کنند. این شبکه ها قادر به یادگیری هستند.

یافته ها

در این بخش روش پیشنهادی از نظر دقت و صحت و همچنین میزان زمان اجرا، با راهکارهای بیان شده، مورد ارزیابی قرار می گیرد. برای این منظور الگوریتم های مورد ارزیابی را بر روی مجموعه داده مورد نظر اجرا کرده و دقت دسته بندی رفتار کاربران در مقایسه با سایر روش ها مقایسه و بررسی می‌شود.

جدول۱- درصد میزان بهینگی در زمان اجرا به نسبت راهکار پیشنهادی

	New	SVM	ANN
زمان اجرا (ثانیه)	۸۰	۱۳۰	۱۰۵
درصد بهینگی	--	۳۵٪	۲۳٪=

همانطور که در جدول (۱) ملاحظه می شود، راهکار پیشنهادی بخوبی توانسته است از طریق یادگیری که به کمک بهره گیری از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات در کنار الگوریتم ماشین بردار پشتیبان بدست آمده است، رفتار کاربران را در کمترین زمان ممکن دسته بندی کند. در واقع بهبود و بکارگیری الگوریتم ماشین - بردار پشتیبان این امکان را می دهد که بتوان با بیشترین دقت رفتار کاربران که به یک دسته نزدیک هستند را دسته بندی نمود.

جدول ۲- درصد میزان بهینگی در معیار دقت به نسبت راهکار پیشنهادی

	New	SVM	ANN
دقت	۰/۹۸	۰/۹۰	۰/۹۵
درصد بهینگی	--	۹٪	۴٪

بر همین اساس راهکار مبتنی بر این الگوریتم قادر است بصورت خودکار سازماندهی داده هایی که در طی فرایند آموزش دریافت کرده را انجام دهد و به کمک بهینه سازی مبتنی بر **PSO** با قاعده یادگیری سازگار شده و در نتیجه پاسخ با دقت بالایی ارایه دهد.

جدول ۳- درصد میزان بهینگی در معیار فراخوانی به نسبت راهکار پیشنهادی

	New	SVM	ANN
فراخوانی	۹۲	۹۱	۸۱
درصد بهینگی	--	۲٪	۱۴٪

جدول ۴- درصد میزان بهینگی در میزان صحت به نسبت راهکار پیشنهادی

	New	SVM	ANN
صحت	۹۷	۸۰	۷۵
درصد بهینگی	--	۲۱٪	۲۹٪

همانطور که بیان شد این پارامتر یکی از اصلی ترین معیارها جهت بررسی راهکارهها می باشد و در واقع بیانگر میزان مقادیر درست پیش بینی شده نسبت به تعداد کل مجموعه داده ها می باشد. همانطور که در جدول (۳) مشاهده می شود روش پیشنهادی از این نظر نیز بسیار کاراتر از دو روش دیگر می باشد. بطوریکه میزان صحت آن بالای ۹۶ درصد می باشد.

نتیجه گیری

پس از اینکه داده های مربوطه پیش پردازش شدند و مجموعه ای استاندارد و بدون داده‌های پرت ایجاد شد، به منظور افزایش دقت در کاهش مصرف انرژی با تحلیل رفتار مصرف در ایستگاه برق مبتنی بر اینترنت اشیا و همچنین افزایش سرعت پردازش اطلاعات، ابعاد داده ها را با استفاده از الگوریتم **PSO** کاهش می دهیم. بدین منظور کلیه داده های پیش پردازش شده به عنوان ورودی به الگوریتم **PSO** وارد می‌شوند. الگوریتم نیز بر روی داده ها اعمال شده و ویژگی ها را وزن دهی می کند. در نهایت آن دسته از ویژگی هایی که دارای وزن بیشتری بوده و تأثیر بیشتری بر روی داده ها دارند به عنوان ویژگی برجسته انتخاب می گردند. خروجی این مرحله در الگوریتم ماشین بردار پشتیبان جهت کاهش مصرف انرژی با تحلیل رفتار مصرف در ایستگاه برقی مبتنی بر اینترنت اشیا استفاده می‌شود. می‌توان این‌گونه تفسیر نمود که داده های ورودی به الگوریتم انتخاب ویژگی **PSO**، داده های خام با اعمال پیش‌پردازش هستند. بر اساس این داده‌ها فرآیند انتخاب ویژگی توسط الگوریتم **PSO** صورت گرفته و ویژگی‌های منتخب به عنوان خروجی از این الگوریتم به الگوریتم **SVM** وارد می شود. بنابراین خروجی نهایی الگوریتم **PSO** نمونه هایی می باشد که تنها متشکل از ویژگی های انتخاب شده توسط این الگوریتم است. تفکیک داده های آموزشی (**Train**) و آزمایشی (**Test**): پس از انتخاب ویژگی های بهینه توسط الگوریتم انتخاب ویژگی **PSO**، جهت تولید مدل های مربوطه و ارزیابی روش پیشنهادی لازم است قسمتی از داده - های نهایی را به عنوان داده های آموزشی و قسمتی نیز به عنوان داده های آزمایشی تفکیک گردد. در این پژوهش ۷۰٪ از داده ها به عنوان نمونه های آموزشی و ۳۰٪ از داده ها نیز به عنوان نمونه های آزمایشی جهت ارزیابی نهایی جداسازی می شوند.

پس از جمع آوری داده ها، انجام پیش پردازش بر روی آنها و در نهایت اعمال الگوریتم **PSO**، نمونه های **Test** و **Train** جدا شده و به عنوان ورودی به الگوریتم ماشین بردار پشتیبان اعمال می گردد. الگوریتم **SVM** مدل مربوطه را بر اساس نمونه های**Train** تولید نموده و در نهایت بر اساس داده ها و نمونه های **Test** دقت شناسایی افراد جهت کاهش مصرف انرژی با تحلیل رفتار مصرف برق در ایستگاه برق مبتنی بر اینترنت اشیا به سیستم را ارزیابی می کند. در انتها راهکار پیشنهادی به زبان برنامه‌نویسی پایتون پیاده‌سازی گردید. برای این منظور مجموعه داده **kaggle** مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش ۷۰٪ از داده‌ها به عنوان نمونه‌های آموزشی و ۳۰٪ از داده‌ها نیز به عنوان نمونه‌های آزمایشی جهت ارزیابی نهایی، در نظر گرفته شده‌است. در انتها پس از انجام ارزیابی های انجام گرفته، نشان داده شد که راهکار پیشنهادی به‌خوبی توانسته است معیارهای اصلی مورد ارزیابی از جمله معیار دقت، فراخوانی، صحت و همچنین زمان اجرا را به نسبت سایر راهکارها بهینه

نماید بطوریکه به کمک این روش می‌توان با دقت بالا و همچنین در زمان کمتری رفتار کاربران را تحلیل و بررسی نمود.

منابع

[1]Cui, X. (2019). The internet of things. In Ethical Ripples of Creativity and Innovation (pp. 61-68). Palgrave Macmillan, London.
[2]Rifkin, J. (2014). Capitalism is making way for the age of free. The Guardian, 31.
[3]Boulos, M. N. K., & Al-Shorbaji, N. M. (2020). On the Internet of Things, smart cities and the WHO Healthy Cities.
[4]Clarke, J., Castro, R. R., Sharma, A., Lopez, J., & Suri, N. (2018, August). Trust & security RTD in the internet of things: Opportunities for international cooperation. In Proceedings of the First International Conference on Security of Internet of Things (pp. 172-178). ACM.
[5]Balte, A., Kashid, A., & Patil, B. (2019). Security issues in Internet of things (IoT): A survey. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 5(4).
[6]Santucci, G. (2020). The internet of things: Between the revolution of the internet and the metamorphosis of objects. Vision and Challenges for Realising the Internet of Things, 11-24.
[7]Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2020). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future generation computer systems, 29(7), 1645-1660.
[8]Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future generation computer systems, 29(7), 1645-1660.
[9]Ning, H., Zhang, Y., Liu, F., Liu, W. M., & Qu, S. F. (2016). Research on china internet of things' services and management. Acta Electronica Sinica, 34(12), 2514-2517.
[10] Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., & Vinel, A. (2019). Internet of things. International Journal of Communication Systems, 25(9), 1101.
[11] Zhang, D., Yang, L. T., & Huang, H. (2018, May). Searching in internet of things: Vision and challenges. In Parallel and Distributed Processing with Applications (ISPA), 2011 IEEE 9th International Symposium on (pp. 201-206). IEEE.
[12] Barker, L., White, M., Curran, M., Patoli, Z., Huggins, B., Pascu, T., & Beloff, N. (2017). Taxonomy for Internet of Things-Tools for Monitoring Personal Effects. In PECCS (pp. 67-71).