Journal of Intelligent Strategic Management
Vol(4), 137-156.
Bumara.ir

Designing a secure model based on cloud computing for smart meter reading using the Internet of Things

Keyvan Aghaeibadr — PhD Student, Department of Information Technology Management, Faculty of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Hasan Mehrmanesh– — Department of Industrial Management, Faculty of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Arefeh Fadavi Ashghari — Department of Industrial Management, Faculty of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Original Research
Accepted: 2024/10/22
Review:2024/11/24
Received:2024/12/21
eISSN: 2891-4128

Abstract

The aim of this research is to design a secure model based on cloud computing for smart meter reading as the Internet of Things. First, library studies are conducted and then a model is designed that receives data from smart meters and stores it in a cloud computing system, which encounters a volume of big data. In this model, the goal is to determine the network load in the first stage and then separate conventional data from unconventional data. This is the basis for security and prevention of theft from the network. Conventional data indicates theft from the network, while conventional data indicates no theft. First, load prediction is performed using machine learning algorithms and it has been shown that the random forest algorithm is 95% capable of predicting the network load based on 4 specified input variables. Then, the degree of conventionality or unconventionality of the predicted data was determined using the convolutional neural network algorithm, which has shown that the convolutional neural network algorithm is able to predict and classify conventional and unconventional data with the least error and distinguish them from each other. Therefore, this algorithm provides reliable results regarding theft from the energy network through smart meters.

Keywords: cloud computing ,smart meter, Internet of Things

How to Cite: Aghaeibadr, K. , Mehrmanesh, H. & Fadavi Ashghari, A. (2025). Designing a secure model based on cloud computing for smart meter reading using the Internet of Things. Journal of Intelligent Strategic Management, 3(4), 137-156. doi: bumara.3.2.11235564.312878790899841.

Intelligent Strategic Management (JISM) in Development and Evolution is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

© Authors

– Corresponding Author: has.mehrmanesh@iauctb.ac.ir

نشریه مدیریت استراتژیک هوشمند
دوره ۳، شماره ۴ زمستان، ۱۴۰۳، ۱۵۶- ۱۳۷
Bumara.ir

طراحی مدل امن مبتنی بر رایانش ابری برای قرائت هوشمند کنتور با استفاده از اینترنت اشیا

کیوان آقائی بدر دانشجوی دکتری، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

حسن مهرمنش* گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

عارفه فدوی اصغری گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۱
بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱
eISSN:2891-4128

چکیده

هدف تحقیق حاضر طراحی مدل امن مبتنی بر رایانش ابری برای قرائت هوشمند کنتور به عنوان اینترنت اشیا می باشد. در ابتدا مطالعات کتابخانه ای انجام شده و سپس مدلی طراحی می شود که با دریافت داده ها از کنتورهای هوشمند و ذخیره ان در سیستم رایانش ابری با حجمی از کلان داده مواجه می شود در این مدل هدف تعیین بار شبکه در مرحله اول و سپس تفکیک داده های متعارف از داده های نامتعارف می باشد و این مبنای امنیت و عدم سرقت از شبکه می باشد داده های نامتعارف نشانگر سرقت از شبکه بوده در حالیکه داده های متعارف نشانگر عدم سرقت می باشند ابتدا پیش بینی بار با استفاده از الگوریتمهای یادگیری ماشین صورت گرفته و نشان داده شده که الگوریتم جنگل تصادفی به میزان ۹۵ درصد قادر به پیش بینی بار شبکه بر اساس ۴ متغیر ورودی تعیین شده می باشند سپس با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی کانولوشنی میزان متعارف یا نامتعارف بودن داده های پیش بینی شده صورت گرفت که نشان داده الگوریتم شبکه عصبی کانولوشنی با کمترین خطا قادر به پیش بینی و دسته بندی داده های متعارف و نامتعارف و تمایز ان ها از یکدیگر می باشد بنابراین این الگوریتم نتایج قابل اتکایی را در خصوص سرقت از شبکه انرژی به واسطه کنتورهای هوشمند ارائه می کند.

کلیدواژه‌ها: رایانش ابری، کنتور هوشمند، اینترنت اشیا

استناد به این مقاله: آقائی بدر، کیوان و مهرمنش، حسن و فدوی اصغری،عارفه . (۱۴۰۴). طراحی مدل امن مبتنی بر رایانش ابری برای قرائت هوشمند کنتور با استفاده از اینترنت اشیا. مدیریت استراتژیک هوشمند, ۳(۴), ۱۵۶-۱۳۷.

مدیریت استراتژیک هوشمند (JISM) در توسعه و تکامل تحت مجوز بین‌المللی کریتیو کامنز با شرایط انتساب-غیرتجاری ۴,۰ منتشر می‌شود.

©نویسندگان

* نویسنده مسئول: has.mehrmanesh@iauctb.ac.ir

مقدمه

در حال حاضر قرائت کنتور مشترکین از طریق مراجعات دوره ای مأمورقرائت و با حضور در محل نصب کنتور انجام می شود ؛ که داده ها از طریق کامپیوتردستی جمع آوری و بصورت فایل های کامپیوتری به سیستم مشترکین جهت صدور صورتحساب ارسال می گردد(سوزا و همکاران،۲۰۲۳). قرائت کنتور از راه دور بعنوان یکی از خدمات مهم دولت الکترونیک به حساب می آید ؛ و همواره بعنوان یکی از مباحث مورد نظر کلیه دولت های مختلف می باشد. سازمان های توزیع انرژی کشورمان نیز در طی سالهای اخیر در حال مطالعه و بررسی روش های موجود دنیا هستند , ولی تا کنون کلیه پیاده سازی های این سیستم ها در کشور حالت آزمایشی داشته و به نتیجه جامعی در این مورد دست نیافته اند(بدر و همکاران،۲۰۲۳).

استفاده از سیستم قرائت از راه دور مزایای مختلفی برای مشترکین و شرکت های توزیع دارد. قرائت کنتورها به صورت اتوماتیک یا از راه دور (AMR)فقط برای پایین آوردن هزینه ها نیست بلکه برای اجرا و اعمال سیاست گذاری حکومت ها در امر نظارت و کنترل بر مصارف انرژی در راستای حرکت در راستای دولت الکترونیک می باشد. از نظر فنی بکارگیری روش های AMR برای برقراری مسائل امنیتی و جلوگیری از هدر رفتن انرژی و کنترل جریان آن خواهد بود.(راویندر و کولکارنی،۲۰۲۳)

اندازه گیری هوشمند مجموعه ای از سخت افزار، نرم افزار، روش و دانش می باشد که در ساختاری به شکل ذیل بطور هماهنگ در ایجاد و مصرف به موقع داده ها و اطلاعات بصورت هوشمند از طریق بسترهای اختصاصی و عمومی، فعالیت می نماید .شکل شماره ۱ ساختاری کلی قرائت از راه دور را نمایش می دهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۱. ساختار کلی قرائت از راه دور(دیوانگان و همکاران،۲۰۲۳)

با توجه به ماهیت مشابه کار برای شرکت های توزیع امکان ایجاد بستر و روش مشابه برای شرکت ها و کاهش هزینه قابل ملاحظه ای برای آن ها و در نهایت کمک شایانی در استقرار دولت الکترونیک خواهد بود. اینترنت اشیاء، حضور فراگیرا شیاء متنوع همچون برچسب های RFID ، حسگر ها ، عملگرها ،گوشی های هو شمند و ... در اطراف ما می باشد که با شبکه شدن وداشتن آدرس های منحصر به فرد قادرند با یکدیگر تعامل کرده و سرویسها یی را به ما ارائه دهند. پیش بینی موسسه گارتنر می گوید که تا سال ۲۰۲۵میلادی تعداد و سایل متصل شده به اینترنت به بیش از ۵۰ میلیارد بر سد. این چند برابر بیش از تعد اد افراد روی کره زمین خواهد بود و شامل اتومبیلها، وسایل منزل، و حتی البسه شما نیز خواهد شد(ایجاز و همکاران،۲۰۲۳).

اینترنت اشیا نشان دهنده یک الگو برای یک جهان هوشمند است که در آن محاسبات و ارتباطات فراگیر در سراسر شبکه جهانی از نهادهای ناهمگن و مرتبط وجود دارد. فن آوری های کلیدی فعال برای اینترنت اشیا ،شبکه های حسگر بی سیم ،رابط های ماشین به ماشین (M2M)، RFID، سنسور جاسازی شده و ... هستند که طرح های اجرایی که حساسیت را فعال می کنند را میسر می سازند.

دستگاه های اینترنت اشیا می توانند مقدار بسیار زیادی از داده ها را در موقعیت مکانی کاربران اینترنت اشیا، حرکات، وضعیت سلامت و اولویت های فروش ارائه دهند. حفاظت

از حریم خصوصی معمولاً برای ارائه دهندگان خدمات در این سناریو زیان آور است، چون داده های تولیدشده توسط اینترنت اشیا کلید بهبود کیفیت زندگی مردم می باشند.ونیزسبب کاهش هزینه ارائه دهندگان خدمات است. درحالی که اینترنت اشیا برای به دست آوردن نیروی حرکتی در سیستمهای خانگی هوشمند و دستگاه های دیگر در حال کسترش است؛ بنابراین اطمینان و پذیرش اینترنت اشیا به حفاظت از حریم خصوصی کاربران بستگی دارد(فولاساد و همکاران،۲۰۲۱).

اگر ما IoT را به عنوان شبکه ای از دستگاه های فیزیکی ،که به آنها اجازه داده می شود تا مبادله داده انجام دهند بشناسیم ، شرکت های انرژی و آب و برق که شبکه های هوشمند را ایجاد می کنند می توانند رهبران جنبش پیشرو در IoT باشند. تعریفی که بیشترین پذیرش را کسب کرده،توسط موسسه ملی استاندارد و تکنولوژی NISTارایه شده است: پردازش ابری یک مدل فعال کردن بهینه و بر حسب تقاضا برای دسترسی به منابع مشترکی که برای پردازش اختصاص یافته اند می باشد (به عنوان مثال شبکه، سرورها، منابع ذخیره سازی، کاربردها و سرویس ها) که می تواند به سرعت و با کمترین تلاش مدیریتی یا تعامل با تأمین کننده سرویس مهیا یا آزاد گردد(دائو و همکاران،۲۰۲۳).

اولین مشخصه یک سیستم اینترنت اشیای بر مبنای محاسبات ابری این است که هر زمان به آن نیاز دارید آماده به خدمت است. منابع سیستهای های توزیع شده در واقع سیستم های تحت وبی هستند که توسط شما و یا کاربران بدون نیاز به کمک و یا اجازه از طرف دیگر افراد در دسترس باشند، البته نیازی به توضیح نیست که دسترسی به شبکه (اینترنت) نیاز اساسی و پایه ای این سرویس هاست است. مشخصه دیگر این سرویس ها دسترسی گسترده به شبکه می باشد. برای دسترسی به منابع محاسبات ابری کافی است تنها به یک نود از یک شبکه دسترسی داشته باشد. به نوعی در واقع اینترنت اشیا امکان دسترسی و استفاده از منابع محاسبات ابری را تقویت کرده است(اوشکوف و همکاران،۲۰۲۴).

مسئله اصلی تحقیق حاضر با توجه به خلاهای تحقیقاتی موجود به ویژه در داخل کشور طراحی مدل امن مبتنی بر رایانش ابری برای قرائت هوشمند کنتور به عنوان اینترنت اشیا می باشد مدل ارائه شده از یک سو به دنبال پیش بینی مصرف و بار شبکه گازی کشور بوده و از سوی دیگر به دنبال تشخیص سرقت یا نفوذ در این سیستم با کشف موارد خارج از قاعده می باشد. برای این منظور از ترکیب الگوریتمهای یادگیری ماشین و یادگیری عمیق استفاده می شود الگوریتمهای یادگیری ماشین در تحقیق حاضر ماهیت براوردی و

رگرسیونی داشته و الگوریتم یادگیری عمیق که شبکه عصبی کانولوشنی می باشد به دسته بندی مشترکین گاز از نظر سرقت یا عدم سرقت می پردازد.

ساختار مقاله حاضر به این صورت است که در بخش بعدی مرور ادبیات ارائه شده و سپس به ارائه روش شناسی تحقیق اقدام شده و پس از ان تجزیه و تحلیل یافته ها صورت پذیرفته و در نهایت نتیجه گیری ارائه می شود

مرور ادبیات و پیشینه تحقیق

در این بخش به معرفی مهمترین تحقیقات در حوزه مورد مطالعه و مشابه با تحقیق حاضر پرداخته می شوداین تحقیقات مربوط به دهه گذشته بوده و به موضوع طراحی مدل کنتور هوشمند می پردازد.این تحقیق به ترتیب سال انجام در ادامه معرفی شده اند.

آرولاناندو و همکاران(۲۰۱۷) یک مدل داده های ایمن جدید را برای رایانش ابری ارائه می کنند که از رمزگذاری چارچوب توصف منابع جزئی و سیستم کنترل دسترسی مبتنی بر توکن استفاده می کند که در ان داده های حساس ترسیم شده و تمامی داده های غیر حساس عمومی می شوند. عبدالظاهر و همکاران(۲۰۲۲) ارائه گر یک محور تحقیقاتی برای محققانی می باشد که علاقه مند به حریم شخصی و امنیت بوده و به بررسی اهمیت کنتورهای هوشمند می پردازد. هسیکی و همکاران(۲۰۲۳) به بررسی مسائل بی عیبی داده ها و امنیت در کنتورهای هوشمند می پردازد که مولفه های حیاتی در شبکه های هوشمند به شمار می رود حق و همکاران(۲۰۲۳) یک رویکرد کشف سرقت برق با استفاده از داده های مصرف کنتور هوشمند به منظور مدیریت مسائل و ارزیابی کسب و کارها تامین انرژی جهت کاهش موانع انرژی محدود، استفاده از انرژی غیر منتظره و مدیریت انرژی بد پیشنهاد می شود. راویندر و کولکارنی(۲۰۲۳) روشی را برای کشف نفوذ در کنتورهای هوشمند با استفاده از الگوریتمهای یادگیری ماشین ارائه می کنند.

دائو(۲۰۲۳) ارائه گر یک معماری برای سیستم مدیریت انرژی خانگی بر اساس پارادایم رایانش مه ، یک اتصال هوشمند توانمند شده به وسله اینترنت اشیا و یک کنتور می باشد. دیوانگان و همکاران(۲۰۲۳) ارائه گر یک مرور کامل در مورد پیش بینی بار، محاسبه شاخصه های عملکرد، فرایند تحلیل داده برای پیش بینی بار، پیش بینی بار با استفاده از اطلاعات کنتور معمولی و تکنولوژی مورد استفاده جهت اجرای چالشهای ان می باشد. سید و همکاران(۲۰۲۳) به مطالعه چندین تکنیک پرداخته می شود هدف این تحقیق تعیین تقاضا بار برای ماه بعد در کل کشور امارات و همچنین کمک به شرکت ارائه دهنده خدمت می

باشد. پاراست و همکاران(۲۰۲۳) به بررسی مسائل ایمنی رایانش ابری مبتنی بر خدمات جهت استقرار وضعیت جاری در این حوزه می پردازند. بدر و همکاران(۲۰۲۳) به مطالعه روشهای کشف نفوذ با تاکید بر هواداران و مخالفان در سیستم برق داده محور می پردازند.

د سوزا و همکاران(۲۰۲۳) به توسعه کنتور هوشمند بی سیم با هزینه اندک با سنجش کیفیت انرژی برای کاربردهای شبکه هوشمند می پردازند.اوشکوف و همکاران(۲۰۲۴) به بحث در خصوص کاربرد تکنولوژی ابر و بی سیم برای بهینه سازی و کنترل مصرف انرژی به وسیله سیستمهای شهر هوشمند و خانه هوشمند می پردازند نویسندگان به تحلیل حوزه های کلیدی برای راه حل فن بر اساس مفهوم اینترنت اشیا اقدام می کنند. کوئسدا و همکاران(۲۰۲۴) به ارائه دیتاست کنتور هوشمند از نقاط تامین برق اسپانیا پرداخته و تنوع جغرافیایی داده های موجود را در خصوص مصرف برق در سطح خانوار گسترش داده و انحرافات را در داده های موجود کاهش می دهند که معمولا حاصل از چند کشور می باشد.

روش شناسی

تحقیق حاضر از نظر هدف کاربردی و از نوع توسعه ای تبیینی می باشد چرا که از مدلسازی ریاضی در ان استفاده می شود. ضمن اینکه از الگوریتمهای یادگیری ماشین و یادگیری عمیق به منظور طراحی مدل مورد نظر بهره گرفته می شود. ابتدا با استفاده از الگوریتمهای یادگیری ماشین به پیش بینی بار انرژی با استفاده از داده های کنتورهای هوشمند پرداخته می شود سپس با استفاده از الگوریتم های یادگیری عمیق و مشخصا شبکه عصبی کانولوشنی به پیش بینی سرقت در شبکه کنتورهای هوشمند اقدام می شود. بنابراین مراحل انجام تحقیق به شرح ذیل است:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

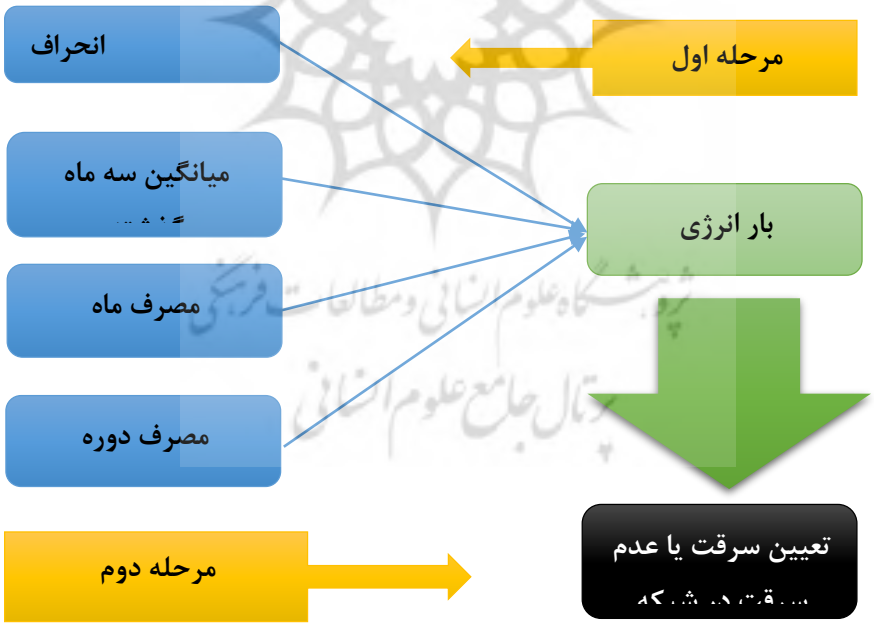
شکل ۲. مراحل انجام تحقیق

متغیرهای تحقیق حاضر شامل داده های سری زمانی مصرف گاز می باشد که از کنتورهای هوشمند دریافت شده است این متغیرها در جدول ذیل خلاصه شده است

جدول ۱. متغیرهای تحقیق

ردیف	متغیر	نماد	نوع متغیر	مقیاس متغیر
۱	انحراف	X1	ورودی مرحله اول	کمی
۲	میانگین سه ماه گذشته	X2	ورودی مرحله اول	کمی
۳	مصرف ماه	X3	ورودی مرحله اول	کمی
۴	مصرف دوره	X3	ورودی مرحله اول	کمی
۵	بار انرژی	W1	خروجی مرحله اول – ورودی مرحله دوم	کمی
۶	سرقت یا عدم سرقت از شبکه	Y1	خروجی مرحله دوم	باینری

همانگونه که مشاهده می شود متغیرهای تحقیق به سه بخش متغیرهای ورودی مرحله اول ، متغیرهای ورودی مرحله دوم و خروجی مرحله دوم تفکیک می شود. در ابتدا با استفاده از یادگیری عمیق بار انرژی بدست می آید و سپی بر اساس بار انرژی سرقت یا عدم سرقت از شبکه بدست می آید که این کار با شناخت داده های نامتعارف حاصل می شود. می توان متغیرهای فوق را به صورت مدل مفهومی ذیل ترسیم نمود.



شکل ۳. متغیرهای تحقیق

جمع اوری اطلاعات در تحقیق حاضر به روش کتابخانه ای صورت می گیرد. در ابتدا به منظور شناسائی شکاف تحقیقاتی از روش کتابخانه ای استفاده شده و سپس مبانی نظری و پیشینه از این طریق بدست می آید. ضمن اینکه به منظور پیاده سازی الگوریتمها از دیتاست استفاده می شود که شامل داده های کنتورهای هوشمند می باشد.

ابزار جمع اوری اطلاعات در تحقیق حاضر یک دیتاست می باشد که مربوط به کنتورهای هوشمند متصل به شبکه اینترنت اشیا مبتنی بر رایانش ابری می باشد که به طور ازمایشی به جمع اوری داده ها اقدام کرده است. این دیتاست نشانگر میزان مصرف گاز در سطح شهر تهران می باشد که دارای حجم بالایی از رکورد یا سوابق می باشد. داده های جمع اوری شده مربوط به سال ۱۴۰۳ و می باشد. داده های مشتریان در این دیتاست به چهار دسته ذیل تقسیم بندی می شود

۱. تجاری
۲. مسکونی
۳. صنعتی
۴. دولتی

صورتحسابها به ازای هر ماه برای هر مشتری صادر می شود. ابزارهای دستیابی دیجیتال فردی برای جمع اوری اطلاعات دوره ای هر کنتور استفاده می شود که در ادامه به صورت سیستمی از محصولات کاربردها و سیستمها منتقل می شود. یک مداخله گر در حالت کنتور هوشمند وجود دارد که مطالب تبدیل شده را به یک سیستم محصولات کاربردها و سیستمها تبدیل می کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

اطلاعات موجود در این دیتاست به شرح جدول ذیل می باشد

جدول ۲. اطلاعات دیتاست

ردیف	عنوان متغیر	توصیف
۱	محله	شماره محله یا منطقه که از سوی شهرداری تهران تعیین می شود.
۲	نوع اشتراک	نوع اشتراک به تفکیک مسکونی، صنعتی تجاری و دولتی
۳	دوره مصرف	دوره ماهیانه برای فاکتور
۴	ماه تقویمی	ماه تقویمی که در ان صورت حساب صادر می شود
۵	حساب قرارداد	شماره حساب قرارداد که در ان تمامی تراکنشهای مالی مشتریان ثبت می شود
۶	شریک تجاری	شماره تخصیص یافته به مشتری در زمان ثبت نام
۷	واحد مصرف	کلیووات به عنوان واحد مصرف در نظر گرفته می شود.

تجزیه و تحلیل اطلاعات در تحقیق حاضر در دو مرحله صورت می گیرد در مرحله اول با استفاده از تکنیکهای یادگیری ماشین به پیش بینی بار در کنتور هوشمند پرداخته می شود در مرحله دوم با استفاده از الگوریتمهای یادگیری عمیق به شناسائی نفوذ و سرقت در داده های کنتور هوشمند پرداخته می شود. در این مرحله به تشریح هر دو مرحله پرداخته می شود. الگوریتمهای مورد استفاده در پیش بینی بار به شرح ذیل هستند

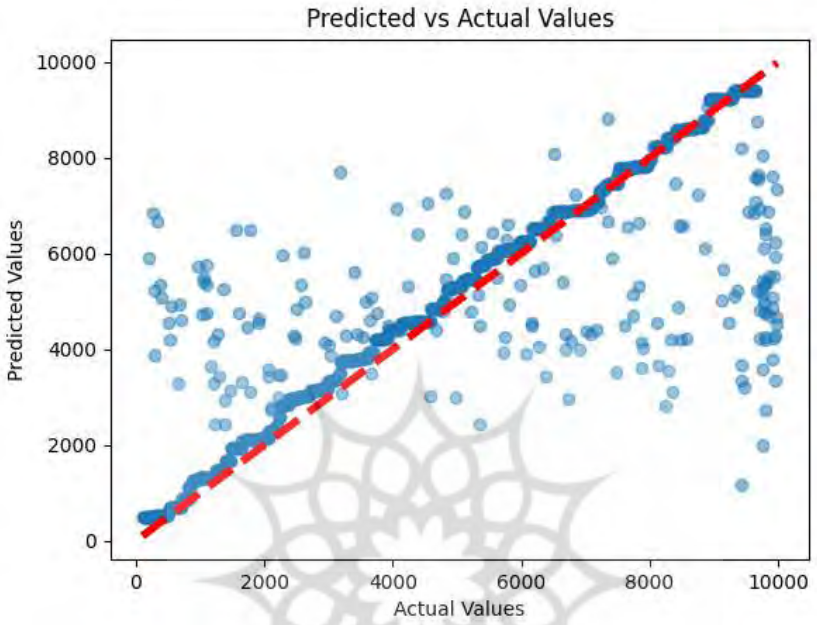
۱. رگرسیون خطی چندگانه
۲. جنگل تصادفی
۳. درخت تصمیم
۴. ماشین بردار پشتیبان

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تجزیه و تحلیل

در این بخش به پیاده سازی مدل ارائه شده در بخش روش شناسی پرداخته می شود فرایند انجام کار در این بخش دارای ۲ مرحله است در مرحله اول ابتدا بار انرژی با استفاده از متغیرهای انحراف، میانگین سه ماه گذشته، مصرف ماه و مصرف دوره پیش بینی شده و سپس با پیش بینی بار انرژی با کمک الگوریتمهای یادگیری ماشین به پیش بینی یا دسته

بندی سرقت و عدم سرقت از شبکه پرداخته می شود که مرحله دوم با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی کانولوشنی صورت می گیرد در واقع تحقیق حاضر از هم الگوریتمهای یادگیری ماشین و یادگیری عمیق به طور همزمان استفاده می کند که الگوریتم یادگیری ماشین مبتنی بر پیش بینی بوده و الگوریتم یادگیری عمیق مبتنی بر دسته بندی می باشند. پیاده سازی الگوریتمها با زبان پایتون انجام می شود.



نمودار ۱. خط رگرسیون حاصل از الگوریتم رگرسیون چندگانه خطی

با بدست اوردن شکل فوق مشخص می باشد که داده ها دارای انطباق نسبتا بالایی می باشند که البته در بخش مقایسه نتایج حاصل از این الگوریتم با الگوریتمهای دیگر مقایسه می شود.

جنگل تصادفی الگوریتم مهم دیگری می باشد که در این بخش ماهیت رگرسیونی ان پیاده سازی می شود

نمودار۲. نتیجه حاصل از پیاده سازی الگوریتم جنگل تصادفی

الگوریتم جنگل تصادفی همانگونه که از نامش پیداست حجم زیادی از شاخه و برگ و درختان را ارائه می کند که از جهاتی مشابه با الگوریتم درخت تصمیم می باشد اما از جهات دیگری نیز با ان متمایز می باشد. در نمودار فوق اثر متغیرهای مختلف بر متغیر وابسته ارائه شده است که البته در اینجا هدف بررسی این روابط نیست و صرفا نتایج حاصل از میانگین مجذور خطا و R2 به منظور سنجش عملکرد الگوریتم کفایت می کند. در ادامه الگوریتم درخت تصمیم پیاده سازی شده است.

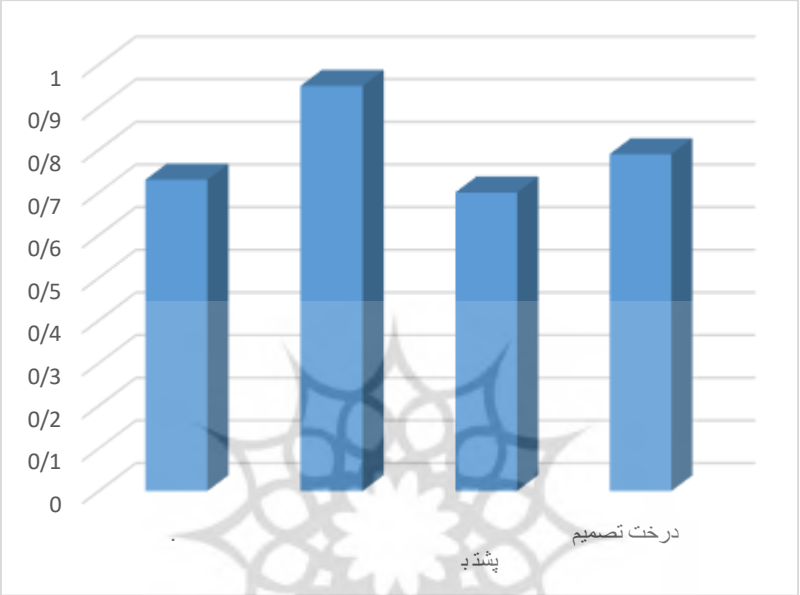
الگوریتم درخت تصمیم مشابه با الگوریتم جنگل تصادفی عمل میکند اما دارای تفاوتهایی نیز میباشد که این تفاوتها منجر به نتایج متفاوتی نیز بین این دو الگوریتم می شود به منظور پیاده سازی الگوریتمها درخت تصمیم ابتدا مدل درخت تصمیم ایجاد شده سپس عمل fit صورت گرفته و در ادامه پیش بینی انجام می شود.

.رگرسیون ماشین بردار پشتیبان اخرین الگوریتم مورد استفاده در مرحله اول و برای پیش بینی بار شبکه می باشد که در زمره الگوریتمهای یادگیری ماشین قرار دارد.

پرتال جامع علوم انسانی

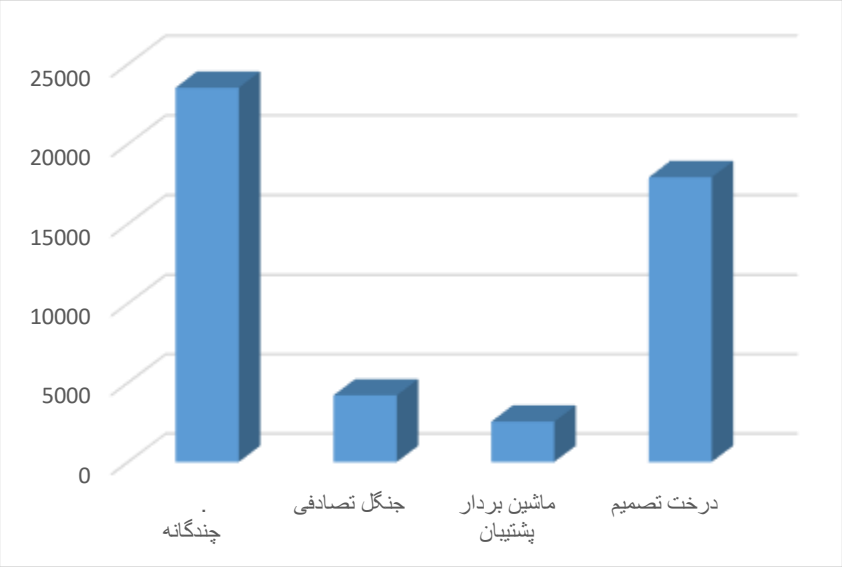
جدول ۳. مقایسه الگوریتمهای یادگیری ماشین از نظر R2 و MSE

الگوریتم	R2	MSE
رگرسیون خطی چندگانه	0.73	23519
جنگل تصادفی	0.95	4200
ماشین بردار پشتیبان	0.7	2545
درخت تصمیم	0.79	17910



نمودار۳. مقایسه الگوریتمهای یادگیری ماشین از نظر دقت

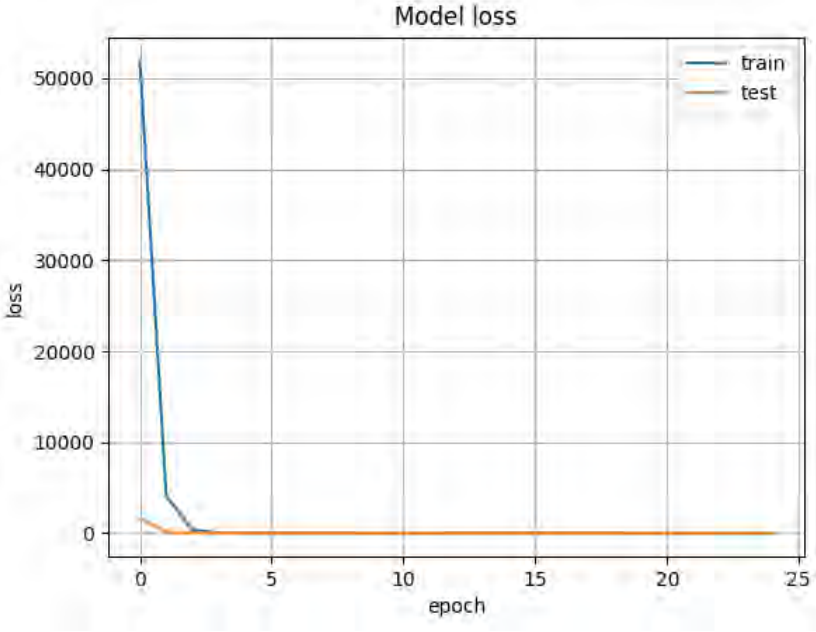
همانگونه که مشاهده می شود الگوریتم جنگل تصادفی در بین الگوریتمهای موجود دارای بیشترین دقت می باشد که مقدار ۰,۹۵ را نشان می دهد و این بیان می کند که ۹۵ درصد بار انرژی به وسیله ۴ متغیر ورودی قابل تبیین و تفسیر می باشد پس از ان الگوریتم درخت تصمیم با مقدار ۰,۷۹ و سپس الگوریتم رگرسیون خطی چندگانه با مقدار ۷۳.۰ و در انتها الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با مقدار ۰,۷ قرار دارد که نشان می دهد سه الگوریتم اخیر قابلیت پیش بینی بار را به اندازه الگوریتم جنگل تصادفی نداشته و این الگوریتم دارای برتری محسوسی نسبت به الگوریتمهای رقیب خود می باشد.



نمودار ۴. مقایسه الگوریتمهای یادگیری ماشین از نظر خطا

بر اساس نمودار فوق می توان مشاهده کرد که رگرسیون خطی چندگانه دارای بیشترین خطا می باشد و لذا این الگوریتم دارای اعتبار کمتری نسبت به سایر الگوریتمها می باشد الگوریتم درخت تصمیم از نظر خطا در رتبه دوم قرار داشته و پس از انها الگوریتمهای جنگل تصادفی و ماشین بردار پشتیبان قرار دارند نکته جالب توجه این است که علیرغم ضعیف بودن الگوریتم ماشین بردار پشتیبان از نظر دقت این الگوریتم دارای خطا کمتری نسبت به الگوریتم جنگل تصادفی بوده و الگوریتم جنگل تصادفی از نظر خطا دررتبه دوم اهمیت قرار دارد.

پس از پیش بینی میزان بار توسط الگوریتمهای یادگیری ماشین در ادامه به دسته بندی نتایج حاصل از پیش بینی انجام شده پرداخته می شود در واقع در این بخش تعیین می شود کدامیک از داده ها نشانگر سرقت بوده و کدامیک نشانگر عدم سرقت می باشند به این منظور یک دسته بندی صورت می گیرد و به دلیل نیاز به دقت بالا از الگوریتم شبکه عصبی کانولوشنی استفاده می شود. این الگوریتم در دسته الگوریتمهای یادگیری عمیق بوده و در این مرحله به پیاده سازی ان پرداخته می شود. لازم به ذکر است فرایند پیاده سازی الگوریتم شبکه عصبی کانولوشنی و به طور کلی یادگیری عمیق متفاوت از الگوریتم های یادگیری ماشین بوده و می تواند مشمول پیچیدگی های بیشتری باشد در ادامه این الگوریتم پیاده سازی شده است.



نمودار ۵. میزان خطای شبکه عصبی کانولوشنی

در نمودار فوق میتوان مشاهده کرد که میزان خطای شبکه روند نزولی داشته و بنابراین الگوریتم موفق به تشخیص سرقت یا عدم سرقت در شبکه کنتور انرژی شده است به گونه ای که با تکرار ۲۰ ام میزان خطا به صفر میل کرده و این نشانگر عملکرد درست الگوریتم مورد استفاده می باشد. بنابراین مدل ارائه شده قادر به تشخیص سرقت و داده های نامتعارف در سیستم است به عبارت دیگر منظور از تشخیص سرقت وجود داده های نامتعارف و خارج از قاعده است و با توجه به دسته بندی موجود می توان دریافت که این داده ها از داده های متعارف توسط الگوریتم شبکه عصبی کانولوشنی به خوبی تمیز داده شده است.

در نمودار فوق نشان داده می شود که داده های اموزش و تست در قالب نمودارهای ابی و نارنجی به هم نزدیک شده و لذا همگرایی مورد نیاز برای اثبات عملکرد درست الگوریتم شبکه عصبی مورد استفاده حاصل گردیده است.

نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که در مرحله اول امکان بهره گیری از کنتورهای هوشمند وجود دارد و کنتورهای هوشمند قادر به جمع اوری حجم بالای داده به صورت خودکار بوده و از این کلان داده می توان برای پیش بینی بار مصرف بهره برد کما اینکه

نتایج پیش بینی ها نشانگر دقت ۹۵ درصد بوده و این امر بیان می کند که با پیش بینی مصرف بار بسیاری از برنامه ریزی ها در حوزه مورد نظر قابل انجام است. همچون بسیاری از پیش بینی های کمی که بر اساس داده های گذشته صورت می گیرد امکان پیش بینی بار مصرفی با استفاده از متغیرهایی همچون انحراف، میانگین سه ماه گذشته، مصرف ماه گذشته و مصرف دوره وجود دارد البته سایر متغیرها نیز باید ازمون شود به نظر رسد مدل ارائه شده همچون مدل پیش بینی قیمت سهام که دارای متغیرهای بسیاری بوده و در گذر زمان و با انجام تحقیقات بسیار متغیرهای جدیدی به ان اضافه گردیده اند قابل بسط باشد چرا که عملکردی به مثابه مدل پیش بینی قیمت سهام دارد به عبارت دیگر حجم بالایی از داده ها مربوط به دوره های گذشته می توانند پیش بینی کننده اینده باشند از این جهت است که می توان از مدل ارائه شده به مباثه مدلهای پیش بینی قیمت سهام یا مدلهای سری زمانی مشابه بهره برد.

از سوی دیگر عملکرد مهم دیگر مدل ارائه شده پیش بینی سرقت می باشد که با کشف داده های نامتعارف صورت می گیرد در واقع مدل ارائه شده این امکان را فراهم می نماید که علاوه بر پیش بینی بار تقاضا یا مصرف بتوان مقدار داده های سرقتی را پیش بینی کرد و به این ادراک رسید که کدام گره دارای بار سرقتی می باشد این با کشف موارد نامتعارف یا اصطلاحا anomaly ها امکان پذیر است. در تحقیق حاضر داده های پیش بینی بار مصرفی به الگوریتم شبکه عصبی کانولوشنی داده شده و بر اساس ان مشخص شده که در کدام گره ها داده ها از یک الگوی نامتقارن تبعیت کرده و با کاهش منحنی خطا یا MSE مشخص شده که الگوریتم شبکه عصبی کانولوشنی در پیش بینی انجام شده دقت و اعتبار لازم را دارا می باشد.

تحقیق حاضر از نظر شناسائی نفوذ با تحقیق راویندر و کولکارنی(۲۰۲۳) مشابهت دارد اما تحقیق حاضر از یک رویکرد دومرحله ای یادگیری ماشین و یادگیری عمیق استفاده کرده است در حالیکه تحقیق راویندر و کولکارنی از ۳ الگوریتم یادگیری ماشین برای کشف نفوذ در سیستم کنتور هوشمند بهره برده است. تحقیق دائو(۲۰۲۳) به ارائه معماری برای سیستم مدیریت انرژی خانگی می پردازد ه بر اساس رایانش مه و اتصال هوشمند توانمند شده و یک کنتور می باشد که به کلی با هدف تحقیق حاضر مغایرت دارد. تحقیق دیوانگان و همکاران(۲۰۲۳) از نظر رویکرد کاملا با تحقیق حاضر متمایز است چرا که از یک روش مروری استفاده می کند اما از نظر اینکه دو هدف پیش بینی بار و شاخصه های عملکرد را

دنبال می کند می تواند همراستا با تحقیق حاضر توصیف شود. تحقیق سید و همکاران(۲۰۲۳) به پیش بینی بار تقاضا برای ماه بعد می پردازد که البته شباهت بسیاری از این نظر با تحقیق حاضر دارد اما از نظر رویکرد که الگوریتم سری زمانی می باشد کاملا با تحقیق حاضر متمایز است.

تحقیق آرولاناندو و همکاران(۲۰۱۷) یک مدل داده های ایمن را برای رایانش ابری ارائه می کند که از نظر رویکرد ایمنی اهداف تحقیق حاضر را دنبال می ند اما به طور کلی تحقیق آرولاناندو و همکاران(۲۰۱۷) مبتنی بر کنتورهای هوشمند نیست. تحقیق پاراست و همکاران(۲۰۲۳) نیز اگر چه به رایانش ابری متمرکز است و از این نظر با تحقیق حاضر مشابه می باشد اما بر کنتورهای هوشمند تمرکزی ندارد.

تحقیق بدرو همکاران(۲۰۲۳) از لحاظ سنجش روشهای کشف نفوذ با تحقیق حاضر در مرحله دوم ان مشابهت دارد اما تمرکز این تحقیق بر کنتورهای برق است که البته با توجه به اینکه کنتورهای هوشمند در این تحقیق مد نظر می باشند نیز می تواند مشابهت بسیاری بین دو تحقیق مشاهده نمود. اما صرفا مرحله دوم تحقیق حاضر با تحقیق بدر و همکاران(۲۰۲۳) همراستاست وپیش بینی مصرف در این تحقیق صورت نگرفته است. در تحقیق دسوزا و همکاران(۲۰۲۳) سنجش کیفیت انرژی مطرح است که علیرغم مشابهت مفهومی اما به کلی به اهداف تحقیق حاضر مغایرت دارد.

از منظر بینشهای مدیریتی، نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد مدیران می توانند ازنتایج تحقیق حاضر به منظور بهبود عملکرد سنجش از طریق کنتورهای معمولی بهره بگیرند به عبارت دیگر هوشمندسازی سنجش مصرف انرژی می تواند کاربردهای بسیاری برای تصمیم گیری های اتی داشته باشد.مدیران با ارائه یک مدل مبتنی بر رایانش ابری و اینترنت اشیا و ذخیره سازی حجم بالایی از کلان داده در رایانش ابری از طریق داده هایی که از وسایل متصل به اینترنت اشیا یعنی کنتورهای هوشمند جمع اوری می شوند می توانند به داده هایی مستند برای پیش بینی مصرف بار دست یابند به گونه ای که تقاضای بار در ماههای اینده به واسطه این سیستم قابل شناسائی باشد و تصمیم گیری ها بر اساس این پیش بینی صورت گیرد.

از سوی دیگر تامین امنیت مصرف انرژی و جلوگیری از سرقت هدف مهم دیگری است که می تواند از طریق سیستمهای کنتورهای هوشمند محقق شود به این صورت که با استفاده

از مدل ارائه شده از رخداد سرقت به سادگی می توان پیشگیری کرد. مدل یادگیری عمیق ارائه شده در تحقیق حاضر قادر به کشف anomaly ها در سیستم بوده و به این طریق می تواند سرقت را کشف نماید. با شناسائی گره های سارق یا اصطلاحا سرقت کننده می توان از بسیاری از رویه ها جهت شناسائی انها که در شرایط معمولی و اصطلاحا قراردادی موجود میسر نمی باشد جلوگیری کرد.

در این بخش به ارائه پیشنهادات حاصل از یافته های تحقیق حاضر پرداخته می شود

- ≠ مدل ارائه شده در تحقیق حاضر متمرکز بر شبکه انرژی می باشد که می توان مشابه مدل تحقیق حاضر را در خصوص سایر سیستمهایی که قادر به جمع اوری اطلاعات مشابه با کنتورهای هوشمند می باشند نیز پیاده سازی نمود.
- ≠ در خصوص جمع اوری داده ها از اینترنت اشیا استفاده می شود و ذخیره سازی در سیستم رایانش ابری صورت می گیرد که با توجه به ویژگیهای برتر سیستم رایانش مه می توان این سیستم را در تحقیق بعدی جایگزین سیستم رایانش ابری نمود.
- ≠ در خصوص الگوریتمهای یادگیری ماشین می توان الگوریتمهای دیگری را جهت پیش بینی بار در شبکه مورد استفاده قرار داد از جمله کانزدیکترین همسایه شبکه بیزین و سایر الگوریتمهای مشابه
- ≠ در خصوص دسته بندی می توان از چند الگوریتم یادگیری عمیق نظیر شبکه عصبی بازگشتی، شبکه عصبی حافظه کوتاه مدت بلند و شبکه عصبی عمیق استفاده کرد و سپس به مقایسه انها از نظر معیارهای عملکرد پرداخت.

منابع

Parast, F. K., Sindhav, C., Nikam, S., Yekta, H. I., Kent, K. B., & Hakak, S. (2022). Cloud computing security: A survey of service-based models. *Computers & Security*, *114*, 102580.

Badr, M.M.; Ibrahem, M.I.; Kholidy, H.A.; Fouda, M.M.; Ismail, M. Review of the Data-Driven Methods for Electricity Fraud Detection in Smart Metering Systems. *Energies* 2023, *16*, 2852. https://doi.org/10.3390/en16062852

Sousa, E.L.d.; Marques, L.A.d.A.; Lima, I.d.S.F.d.; Neves, A.B.M.; Cunha, E.N.; Kreutz, M.E.; Neto, A.J.V. Development a Low-Cost Wireless Smart Meter with Power Quality Measurement for Smart Grid Applications. *Sensors* 2023, *23*, 7210. https://doi.org/10.3390/s23167210

Abdalzaher, M.S.; Fouda, M.F.; Ibrahem, M.I. Data Privacy Preservation and Security in Smart Metering Systems. *Energies* 2022, *15*, 7419. https://doi.org/10.3390/ en15197419

N. Ushkov, Automating Electric Power Consumption with a Smart Electricity Meter, 2024 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon)

Quesada, C., Astigarraga, L., Merveille, C., & Borges, C. E. (2024). An electricity smart meter dataset of Spanish households: insights into consumption patterns. *Scientific Data*, *11*(1), 59. https://doi.org/10.1038/s41597-023-02846-0

Hseiki, H. A., El-Hajj, A. M., Ajra, Y. O., Hija, F. A., & Haidar, A. M. (2024). A secure and resilient smart energy meter. *IEEE Access*, *12*, 3114-3125.

Dahunsi, F. M., Eniola, S. O., Ponnle, A. A., Agbolade, O. A., Udekwe, C. N., & Melodi, A. O. (2021). A review of smart energy metering system projects. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, *21*(1), 70-78.

Haq, E. U., Pei, C., Zhang, R., Jianjun, H., & Ahmad, F. (2023). Electricity-theft detection for smart grid security using smart meter data: A deep-CNN based approach. *Energy Reports*, *9*, 634-643.

Ravinder, M., & Kulkarni, V. (2023). Intrusion detection in smart meters data using machine learning algorithms: A research report. *Frontiers in Energy Research*, *11*, 1147431.

Dhaou, I.B. Design and Implementation of an Internet-of-Things-Enabled Smart Meter and Smart Plug for Home-Energy-Management System. *Electronics* 2023, *12*, 4041. https:// doi.org/10.3390/electronics12194041

Dewangan, F.; Abdelaziz, A.Y.; Biswal, M. Load Forecasting Models in Smart Grid Using Smart Meter Information: A Review. *Energies* 2023, *16*, 1404. https:// doi.org/10.3390/en16031404

Sayed, H.A.; William, A.; Said, A.M. Smart Electricity Meter Load Prediction in Dubai Using MLR, ANN, RF, and ARIMA. *Electronics* 2023, *12*, 389. https://doi.org/ 10.3390/electronics12020389

Arulanandu, C. K., Murthy, S. V. D., & Nagraj, G. (2018). Cloud based RDF security: A secured data model for cloud computing. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, *11*(1), 83-93.