Journal of Soft Computing and Information Technology (JSCIT)
Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran
Journal Homepage: jscit.nit.ac.ir
Volume 13, Number 1, Spring 2024, pp. 11-24
Received: 07/08/2022, Revised: 12/10/2023, Accepted: 10/03/2024

A User Recommendation System based on Collaborative Filtering in the Social Internet of Things

Maryam Barzegar[1], Sahar Kianian[2*] and Masoumeh Safkhani[3]
1- Faculty of Computer Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.
2*- Faculty of Computer Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.
3- Faculty of Computer Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.
[1]M.Barzegar@sru.ac.ir, [2*] Sahar.kianian@sru.ac.ir, [3] Safkhani@sru.ac.ir

Corresponding author's address: Sahar Kianian, Faculty of Computer Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran.

Abstract- Social Internet of Things (SIoT) is an emerging research field that originates from the combination of Internet of Things (IoT) and social networks. With the large number of users and smart objects and the high volume of relationships that exist in the social Internet of Things, a recommendation system is very necessary to help users find the smart objects they need or even suitable users as friends or future colleagues. In addition, SIoT has the potential to create new opportunities for recommender systems, as it can use social data to provide more relevant and personalized recommendations for recommending services in the Internet of Things. On the other hand, in recommendation systems in social networks, the use of data available in the Internet of Things makes suggestions more accurate. In this article, a recommendation system for the social Internet of Things is designed. The first phase of this proposed method obtains the similarity of users in the Internet of Things by using the preference of users to use smart devices plus the time and place of using the smart device. In the second phase, relationship similarity and profile similarity are calculated. Finally, by obtaining the sum of existing similarities, k-top users with the highest similarity with the target user are recommended to find future friends and colleagues. In this proposed method, the evaluation criteria have improved by about 5% compared to similar methods, and due to the similarity of the profile, it is also effective for improving cold start. In addition, by removing insecure users from the proposed set, the security of this proposed system is provided to a significant extent.

Keywords-Social Internet of Things, Internet of Things, Social Network, User Recommending System, Collaborative Filtering.

مجله علمی رایانش نرم و فناوری اطلاعات
دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
صفحه مجله: jscit.nit.ac.ir
جلد ۱۳، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳ ، صفحه ۱۱-۲۴
دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۷، بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۱۹، پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۲

یک سامانه توصیه کاربر مبتنی بر فیلتر مشارکتی در اینترنت اجتماعی اشیاء

مریم برزگر[۱]، سحرکیانیان*[۲]، معصومه صفخانی[۳]
۱- دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران.
*۲- دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران.
۳- دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران.
[1]M.Barzegar@sru.ac.ir, [2*] Sahar.kianian@sru.ac.ir, [3] Safkhani@sru.ac.ir

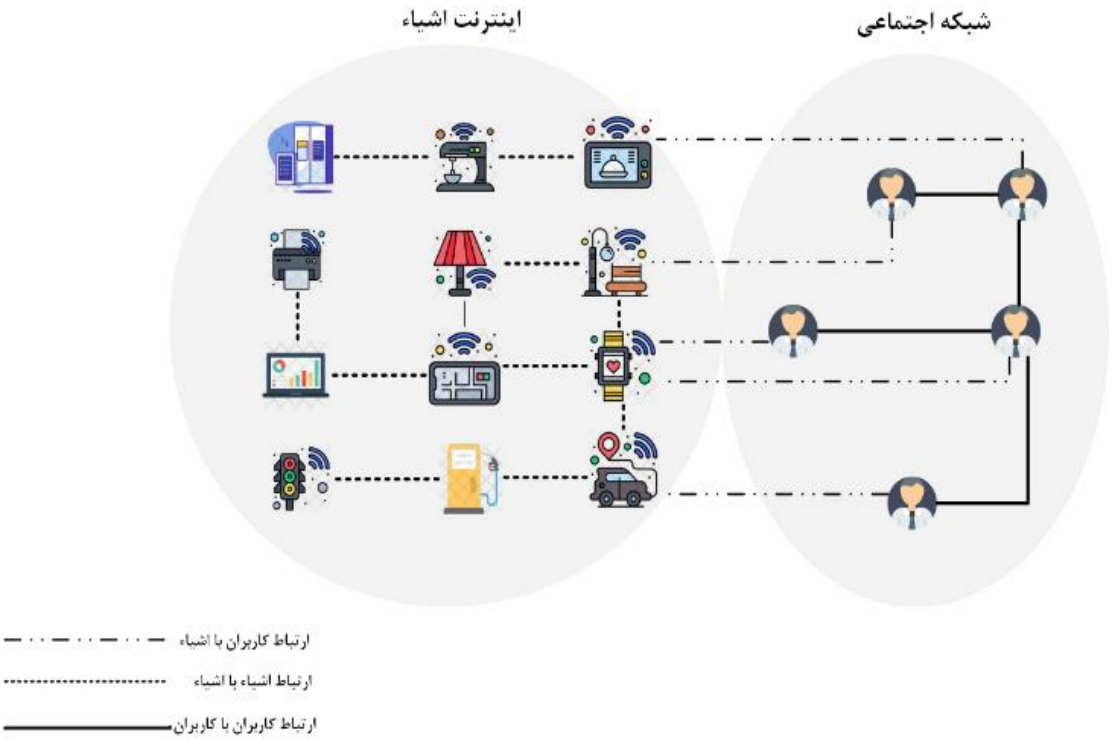
* نشانی نویسنده مسئول: سحرکیانیان، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران.

چکیده- اینترنت اجتماعی اشیاء (SIoT) یک زمینه تحقیقاتی نوظهور است که از ترکیب اینترنت اشیاء (IoT) و شبکه‌های اجتماعی سرچشمه می‌گیرد. با تعداد زیادی از کاربران و اشیای هوشمند و حجم بالای روابط که در اینترنت اجتماعی اشیا وجود دارند، یک سامانه توصیه بسیار ضروری است تا به کاربران کمک کند اشیا هوشمند مورد نیاز خود و یا حتی کاربران مناسب به عنوان دوستان یا همکاران آینده را پیدا کنند. به علاوه SioT پتانسیل ایجاد فرصت‌های جدید برای سامانه‌های توصیه را دارد، زیرا می‌تواند از داده‌های اجتماعی برای ارائه توصیه‌های مرتبط‌تر و شخصی‌سازی شده برای توصیه خدمات در اینترنت اشیا استفاده کند. از طرف دیگر در سامانه‌های توصیه در شبکه‌های اجتماعی، استفاده از داده‌های موجود در اینترنت اشیاء موجب دقت بیشتر در پیشنهادها می‌شود. در این مقاله یک سامانه توصیه برای اینترنت اجتماعی اشیا طراحی شده است. در فاز اول این روش پیشنهادی با استفاده از اولویت کاربران برای استفاده از دستگاه‌های هوشمند به علاوه‌ی زمان و مکان استفاده از دستگاه هوشمند، تشابه کاربران در اینترنت اشیا بدست می‌آید. در فاز دوم تشابه روابط و تشابه پروفایل محاسبه می‌شود. در نهایت با بدست‌آوردن مجموع تشابه‌های موجود، K کاربر با بالاترین شباهت با کاربر مورد نظر برای یافتن دوستان و همکاران آینده، توصیه می‌شود. در این روش پیشنهادی معیارهای ارزیابی نسبت به روش‌های مشابه حدودا ۵٪ بهبود داشته‌اند و به دلیل وجود تشابه پروفایل برای بهبود شروع سرد نیز اثربخش است. به علاوه با حذف کاربران ناامن از مجموعه پیشنهادی امنیت این سامانه پیشنهادی تا حد قابل توجهی تامین می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اینترنت اجتماعی اشیاء، اینترنت اشیاء، شبکه اجتماعی، سامانه توصیه کاربر، فیلتر مشارکتی

۱- مقدمه

اینترنت اشیا[۱] که به اختصار به آن (IoT) گفته می‌شود، به میلیاردها دستگاهی اشاره دارد که در سراسر جهان قرار دارند که به اینترنت متصل شده‌اند، داده‌ها را گردآوری می‌کنند و با یکدیگر به اشتراک می‌گذارند. اینترنت اشیا با استفاده از دستگاه‌ها و اشیا، دنیای واقعی را به دنیای مجازی از طریق اینترنت متصل می‌کند تا محیطی ایجاد شود که ارتباط انسان‌ها و دستگاه‌ها برقرار شود. این محیط از طریق ارتباط بین انسان‌ها و دستگاه‌ها خدماتی مثل نظارت بر محیط اطراف، کنترل محیط، بهینه‌سازی خدمات و عملیات مستقل اشیا را فراهم می‌کند. با افزایش دستگاه‌های متصل به شبکه، داده‌های تولید شده و مورد نیاز کاربران نیز افزایش می‌یابد و هزینه مدیریت و جستجوی داده‌ها نیز افزایش می‌یابد[۲,۱]. از سوی دیگر شبکه‌های اجتماعی روش تفکر و اجتماع انسان‌ها را تغییر داده‌اند و اینترنت را به بخشی مهم از تعامل اجتماعی بین مردم تبدیل کرده‌اند. علاوه بر این، شبکه‌های اجتماعی یک نقطه عطف در برنامه‌های کاربردی اینترنت است [۳-۵].



شکل ۱-جزئیات موجود در اینترنت اجتماعی اشیا

اخیراً محققان مفهوم اجتماعی شدن IoT را با هدف درک بهتر تعامل بین افراد با اشیاء و اشیاء با اشیاء ارائه کرده‌اند[۶،۷]. اینترنت اجتماعی اشیاء[۲] (SIoT) به عنوان یک الگوی جدید از اینترنت اشیاء (IoT) ایده شبکه‌های اجتماعی را با IoT ترکیب می‌کند[۶،۷،۸]. شکل ۱ چنین ادغامی را بین افراد یک شبکه اجتماعی و اشیای هوشمند موجود در اینترنت اشیا نمایش می‌دهد. در این شکل سه نوع رابطه اشیا با کاربران و رابطه کاربران با کاربران که قبلا موجود بوده و رابطه اشیا با اشیا که در محیط اینترنت اجتماعی اشیا وجود دارد به تفکیک وجود دارد. این تفکیک روابط برای درک بهتر محیط اینترنت احتماعی اشیا قرار داده شده است و در واقعیت هر دو محیط و هر سه نوع روابط کاملا ادغام خواهند شد.

جهان شامل تعدادی از اشیای واقعی است که با حس کردن و پردازش داده‌ها توانایی ارائه خدمات به مالکانشان را دارند، از سوی دیگر کاربران با کاربران دیگر در شبکه‌های اجتماعی ارتباط دارند. با ادغام این دو محیط اشیا توانایی ارتباط با یکدیگر از طریق شبکه‌های اجتماعی برای ارائه خدمات بهتر را خواهند داشت. اشیا، اجزای اصلی برای یک برنامه اینترنت اشیا[۳] هستند و توسط کاربران یا سایر اشیا برای انجام فعایت‌های روزمره استفاده می‌شوند.

شبکه‌های اجتماعی می‌توانند در انواع، سطوح و درجات مختلف وجود داشته باشند. کاربران در بین خود جوامعی بر اساس دوستی، علایق و غیره تشکیل می‌دهند و اشیا نیز از طریق مالکانشان به این شبکه‌های اجتماعی پیوند می‌خورند[۸].

اینترنت اجتماعی اشیاء برای حل مشکلاتِ کشف شبکه، مسیریابی و پیکربندی خدمات مطرح می‌شود که هدف آن ایجاد تعاملات اجتماعی بین دستگاه‌های IoT درست مانند تعاملات اجتماعی انسان است[۶،۷]. در اینترنت اشیا، یک دستگاه می‌تواند خدمات متعددی ارائه دهد و دستگاه‌های مختلف می‌توانند خدمات مشابهی را با ورودی‌های مختلف و اولویت‌های کاربر ارائه دهند. گسترش خدمات ارائه شده در اینترنت اشیا منجر به مشکلاتی در پردازش و سفارشی‌سازی خدمات شده است که این مشکل به عنوان انفجار خدمات[۴] شناخته می‌شود. بنابراین انتخاب یک خدمت مناسب برای کاربر که متناسب با الزامات برنامه‌ها و دستگاه‌ها باشد یک کار چالش برانگیز است. از سوی دیگر برای اینترنت اجتماعی اشیاء، تعامل بین تعداد فزاینده‌ای از دستگاه‌های هوشمند منجر به افزایش خدمات می‌شود و ترکیب آن با اطلاعات موجود در شبکه‌های اجتماعی منجر به مشکلات جدی برای پیدا کردن خدمات مناسب برای کاربران می‌شود. به همین دلیل چالش ارائه خدمات مناسب در اینترنت اجتماعی اشیاء به موضوعی جالب برای پژوهشگران تبدیل شده است. سامانه‌های توصیه‌گر راه حلی است که توسط پژوهشگران برای حل این مشکل ارائه شده است. در سامانه‌های توصیه‌گر در اینترنت اجتماعی اشیاء همانند سامانه‌های توصیه‌گر سنتی محققان با

چالش‌های متعددی روبرو هستند که این چالش‌ها می‌توانند تهدیدی برای ناکارآمد شدن این سامانه‌ها محسوب شوند. از جمله مهم‌ترین این چالش‌ها می‌توان پراکندگی داده [۵]، مقیاس‌پذیری، کاربران تازه وارد، قابلیت همکاری و اعتماد، حریم خصوصی و امنیت را نام برد [۳۰-۹]. در ادامه به توضیح مختصری از هر چالش می‌پردازیم.

پراکندگی داده: هنگامی که اطلاعاتِ میلیون‌ها محصول یا خدمت به صورت یک مجموعه داده وجود داشته باشد، فقدان اطلاعاتی نظیر عدم ثبت امتیاز توسط برخی کاربران یا نبود و گم شدن اطلاعات برخی کاربران به هر دلیلی در مجموعه داده موجب مشکلی به نام پراکندگی داده می‌شود. در مجموعه داده‌های با پراکندگی داده بالا احتمال همپوشانی بین دو کاربر بسیار کم است و یا همپوشانی وجود نخواهد داشت [۱۰،۱۱].

مقیاس‌پذیری: وجود اطلاعات میلیون‌ها کاربر و محصول در شبکه‌های اجتماعی و همین‌طور بالا بودن حجم داده در اینترنت اشیاء که روز به روز هم در حال افزایش است، موجب بالا رفتن هزینهٔ جستجو و سایر محاسبات می‌شود که به یک مسئله اساسی به نام مقیاس‌پذیری در سامانه‌های توصیه‌گر تبدیل شده است[۱۰،۱۱].

کاربران تازه‌وارد: زمانی که کاربر جدیدی برای اولین بار وارد یک سامانه توصیه‌گر می‌شود این سامانه اطلاعات زیادی در مورد این کاربر نداشته و قادر به ارائه پیشنهاد محصولات مورد نظر کاربر نیست. این مسئله اصطلاحاً شروع سرد نامیده می‌شود. معمولاً برای حل این مسئله از رویکردهای ترکیبی همانند ترکیب رویکردهای فیلتر مشارکتی و مبتنی بر محتوا استفاده می‌شود [۱۲-۱۰].

قابلیت همکاری: فقدان قابلیت همکاری بین برنامه‌های کاربردی IoT یکی از چالش‌های اصلی برای یک سامانه توصیه SIoT است، زیرا به اشتراک گذاری داده‌ها در میان برنامه‌های کاربردی مختلف IoT را محدود می‌کند[۱۲].

اعتماد، حریم خصوصی و امنیت: از آنجا که سامانه‌های توصیه SIoT در میان برنامه‌های کاربردی IoT مختلف نیاز به دسترسی به داده‌ها از برنامه‌های IoT مختلف دارند، اعتماد، حریم خصوصی و امنیت مسائل بسیار حساسی هستند. دسترسی و بهره‌برداری از داده‌های برنامه‌های کاربردی IoT مختلف بدون یک فناوری امن می‌تواند منجر به سوءاستفاده و تقلب شود. از این رو، موفقیت یک سامانه توصیه SIoT نیازمند فن‌آوری امنی است که بتواند ارتباط ایمن، حریم خصوصی کاربر و تعاملات قابل‌اعتماد را تضمین کند [۱۲].

رفع چالش‌های موجود علاوه بر سامانه‌های توصیه سنتی در سامانه‌های توصیه اینترنت اجتماعی اشیا نیز به عنوان یک مسئله جدی برای پژوهشگران تبدیل شده است. اما با توسعه سامانه‌های توصیه‌گر در شبکه‌های اجتماعی و اینترنت اشیاء، روش‌ها و الگوریتم‌ها روزبه‌روز گسترش پیدا کرده است و دسته‌بندی‌های مختلفی از سامانه‌های توصیه‌گر ارائه شده است. مثلا در برخی دسته‌بندی‌ها سامانه‌های مبتنی بر دانش نیز جزو دسته‌بندی‌های اصلی قرار گرفته است. اما در [۱۱] دسته‌بندی کاملتری ثبت شده است و سامانه‌های توصیه‌گر را بر اساس چگونگی تولید توصیه‌ها به دسته‌های زیر تقسیم کرده است:

- فیلتر مشارکتی[۶] (CF): به کاربر اقلامی توصیه خواهد شد که دیگران در گذشته با تمایلات و ترجیحات مشابه او این اقلام را پسندیدند. یعنی بر اساس رابطه بین کاربران و کالاها، اقلام جدید به کاربر توصیه می‌شود. در این روش-ها، خود کالا اهمیتی ندارد و بر اساس انتخاب کاربران دیگر و انتخاب‌های گذشته خود کاربر، به او پیشنهادهای جدیدی ارائه می‌کنیم. این روش بر سلایق مشترک بنا نهاده شده است.

روش‌های فیلتر مشارکتی خود به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

  - مبتنی بر حافظه: توصیه‌های کاربر یا پیش‌بینی‌های رتبه‌بندی‌های آینده بر اساس رفتار رتبه‌بندی کاربران با استفاده از همبستگی بین مورد با مورد یا کاربر با کاربر است.
  - مبتنی بر مدل: تکنیک‌های مبتنی بر مدل، از داده‌های رتبه‌بندی خالص برای تخمین یا یادگیری یک مدل برای ایجاد تخمین استفاده می‌کند که می‌تواند یک الگوریتم داده‌کاوی و یا یادگیری ماشین باشد.

- محتوا محور[۷] (CB): براساس خصوصیات کالاها و اقلام و تشابه بین آنها و نیز علایق کاربر (در صورت وجود)، توصیه‌هایی به کاربر ارائه خواهد شد.
- رویکردهای ترکیبی[۸]: در این رویکردها، از ترکیبی از رویکردهای بالا استفاده می‌شود.

- دانش محور[۹](KB): روش‌سامانه‌های توصیه‌گر مبتنی بر دانش، مبتنی بر دانش موجود در رابطه با کاربران و موارد هستند. چنین سامانه‌هایی، پیشنهادها خود را بر پایه تفسیر و استنباط خود از سلایق و نیازهای کاربر ارائه می‌دهند و از دیدگاه تئوری نسبت به سایر روش‌های ذکر شده از دقت و کیفیت بیشتری برخوردار هستند.
- توصیه با یادگیری ماشین: از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای تولید توصیه‌های دقیق به کاربر استفاده می‌شود.
- توصیه با یادگیری عمیق: با یادگیری عمیق، مسائل پیچیده با سرعت و به طور موثر حل می‌شود و توصیه‌های کارآمدتری به کاربر ارائه می‌شود.
- توصیه با یادگیری تقویتی: هدف از استفاده از تکنیک‌های یادگیری تقویتی در سامانه‌های توصیه‌گر، توصیه توالی وظایف برای هر فعالیت است تا کاربر بتواند به هدف خودش برسد.
- تکنیک‌های توصیه مبتنی بر اینترنت اجتماعی اشیاء: مفهوم شبکه‌های اجتماعی برای اینترنت اشیاء به منظور یک رابطه اجتماعی در میان اشیاء اعمال می‌شود و توصیه بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده از شبکه‌های اجتماعی از اشیاء، ارائه می‌شود.

همانطور که مشاهده کردید، سامانه‌های توصیه‌گر در محیط اینترنت اجتماعی اشیاء در مرجع [۱۱] به عنوان یک دسته از روش‌های موجود در سامانه‌های توصیه‌گر در اینترنت اشیاء قرار گرفته است. اما می‌توان اینترنت اجتماعی اشیاء را یک محیط توسعه‌یافته از اینترنت اشیاء و مستقل دانست. به علاوه روش‌های دیگری چون روش‌های اعتماد محور که با ساختن یک رابطه اعتماد توصیه را ایجاد می‌کنند و روش مبتنی بر شخصیت که اطلاعات پروفایل کاربر در توصیه تاثیرگذار است، وجود دارد، که در دسته‌بندی ذکر نشده بود.

در این مقاله، ما یک طرح توصیه کاربر پیشنهاد می‌کنیم که تشابه تعاملات کاربران در اینترنت اجتماعی اشیا را محاسبه می‌کند و کاربران را برای یافتن دوستان مناسب پیشنهاد می‌کند. روش پیشنهادی ما از تشابه تعامل کاربر با دستگاه‌های هوشمند و تشابه دوستان مشترک و تشابه پروفایل استفاده می‌کند و توصیه کاربر از تشابه نهایی که از مجموع این تشابهات بدست می‌آید، محاسبه می‌شود.

روش پیشنهادی ما برای محاسبه تشابه تعامل کاربر با دستگاه‌های هوشمند از ایده سامانه توصیه بوک و همکارانش [۱۴] بهره می‌برد، اما استفاده از تشابه پروفایل در این روش پیشنهادی مشکل شروع سرد را رفع کرده و ارزیابی‌ها نشان می‌دهند استفاده از تشابه روابط کاربران در شبکه‌های اجتماعی موجب بهبود روش نسبت به روش بوک و همکارانش [۱۴] شده است. به علاوه روش پیشنهادی ما با استفاده از یک عامل رضایتمندی و ثبت نظر کاربران سامانه را تا حدی امن می‌کند. رویکرد پیشنهادی ما از چند جهت با سامانه توصیه در [۱۴] متفاوت است: اول اینکه مشکل شروع سرد که از چالش‌های اصلی در سامانه‌های توصیه‌گر است را با استفاده از تشابهات پروفایل کاربران رفع نمودیم. دوم با استفاده از بازخورد کاربران و فیلتر کاربران قابل اعتماد تا حدی سامانه امن شده است. و تفاوت آخر اینکه معیارهای ارزیابی نسبت به روش پیشنهادی [۱۴] بهبود داشته است.

در ادامه در بخش ۲ مختصری راجع به سامانه‌های توصیه موجود در اینترنت اجتماعی اشیا بحث خواهیم کرد. سپس در بخش ۳ روش پیشنهادی را با جزئیات بررسی می‌کنیم. بخش ۴ را به ارزیابی روش پیشنهادی اختصاص دادیم و در نهایت بخش ۵ با نتیجه‌گیری پایان بخش این مقاله خواهد بود.

۲- کارهای مرتبط

در این بخش به تحلیل تعدادی از سامانه‌های توصیه موجود در اینترنت اجتماعی اشیا خواهیم پرداخت. از فیلترینگ مشارکتی و توصیه مبتنی بر محتوا گرفته تا رویکردهای ترکیبی و اجتماعی، هر نوع سامانه توصیه‌ی موجود مجموعه‌ای از مزایا برای رفع چالش‌های موجود و افزایش تسهیل کشف سرویس موثر در حوزه اینترنت اجتماعی اشیا ارائه می‌دهد. اما همچنان یک سامانه توصیه که تمام چالش‌های موجود را رفع کند به عنوان یک موضوع مورد توجه برای محققان باقی مانده است.

طبق بررسی‌های انجام شده بر تعدادی از سامانه‌های توصیه موجود در اینترنت اجتماعی اشیا و با توجه به اینکه اینترنت اشیا با شبکه‌های اجتماعی ترکیب شده، سامانه‌های توصیه‌کننده درSIoT می‌توانند در طیف گسترده‌ای از برنامه‌ها استفاده شوند. از جمله توصیه خدمات یا محصولات به کاربران و توصیه دوستان و همکاران به کاربران را میتوان نام برد. هر دو نوع توصیه به دلیل ماهیت اینترنت اجتماعی اشیا قابل تبدیل به یکدیگر هستند. یعنی میتوان یک توصیه‌کننده دوستان و همکاران را به توصیه‌کننده خدمات و محصولات تبدیل کرد و بالعکس. در ادامه بحث به مرور مختصر این دو نوع توصیه‌کننده خواهیم پرداخت.

۲-۱- سامانه‌های توصیه خدمات

در ادامه تعدادی از سامانه‌های توصیه که خدمات یا دستگاه پیشنهاد می‌کنند را مورد بررسی قرار دادیم.

راجردان و همکارانش[۱۰] [۱۳] یک سامانه توصیه‌گر با استفاده از الگوریتم گرگ خاکستری ارائه دادند که با استفاده از روش بهینه ماکزیمم رتبه‌بندی و ایجاد یک لینک دوستی توصیه مورد نظر به کاربر پیشنهاد شده است. نوآوری این کار به وضوح استفاده از الگوریتم گرگ خاکستری برای انتخاب شیء است و مزیت این روش نسبت به روش‌های مشابه ایجاد قابلیت هدایت شبکه است که علاوه بر توصیه خدمت می‌تواند برای برقراری جهت‌یابی شبکه نیز به کار برده شود و علاوه بر این یک تعامل قابل اعتماد بین اشیاء ایجاد شده است. اما مشکل حریم خصوصی و شروع سرد که از مشکلات عمده در سامانه‌های توصیه‌گر است، در این کار هم مشاهده می‌شود. چن و همکارانش[۱۱] [۲۲] یک توصیه خدمت مبتنی بر گراف دانش ارائه دادندکه استفاده از این گراف دانش موجب بهبود نسبی شروع سرد شده است. اما به دلیل در نظر نگرفتن اطلاعات بیشتری از تعاملات کاربر، دقت توصیه پایین است. مشکل حریم خصوصی نیز همچنان در این کار وجود دارد. نوآوری در این کار استفاده از شباهت اولویت کاربر و نمودار دانش به صورت ترکیبی در سامانه توصیه است.

در کاری دیگر لای و همکارانش[۱۲] [۱۵] یک سامانه توصیه شخصی ارائه دادند که از الگوریتم رتبه‌بندی HITS [۱۳] استفاده می‌کند و مبتنی بر چارچوب دانش KDI [۱۴][۱۹] است. مزیت اصلی این روش بهبود نسبی شروع سرد است و نبود اعتماد و نقض حریم خصوصی از مشکلات این روش است، اما ترکیب فیلتر مشارکتی و اطلاعات مکانی با چارچوب KDI را می‌توان به عنوان نوآوری در این کار نام برد.

سان و همکارانش[۱۵] [۱۸] یک سامانه توصیه‌گر مبتنی بر اعتماد ضمنی کاربر ارائه می‌دهد. اعتماد ضمنی از رتبه‌بندی کاربر استنباط می‌شود و به همین دلیل مشکل شروع سرد در این روش به وضوح دیده می‌شود. ایجاد گراف اعتماد و دقت بالا از مزایای این کار است. چن و همکارانش[۱۶] [۱۶] یک روش توصیه مبتنی بر زمان ارائه داده‌اند که از شباهت اجتماعی بین اشیاء استفاده می‌کند و یک نمودار دانش بر اساس زمان ارائه می‌دهد. مشکل نقض حریم خصوصی و نبود اعتماد همچنان در این کار هم مشاهده می‌شود.

سامانه توصیه‌گر پیشنهادی یان و همکارانش[۱۷] [۱۷] با استفاده از شباهت همسایگی و LSHF [۱۸]، مشکل شروع سرد و حریم خصوصی را برطرف می‌کند و حتی اعتماد نیز تا حدی برقرار می‌شود. اما توصیه محدود به همسایه‌هاست و محاسبات نسبت به سایر روش‌ها پیچیده‌تر است.

چنگ و همکارانش[۱۹] [۱۹] یک توصیه‌گر شخصی مبتنی بر دانش ارائه کردند، که از اطلاعات باور فردی و فرکانس و زمان و سابقه استفاده می‌کند و تمایل فرد را محاسبه و تصمیم‌گیری را انجام می‌دهد. این سامانه توصیه از نظریه JTB [۲۰] برای تصمیم‌گیری استفاده می‌کند. به دلیل اینکه چارچوب دارای بازخورد است، اعتماد تا حدی برقرار می‌شود، اما مشکل حریم خصوصی حل نشده است و شروع سرد نیز تا حدی موجود است.

دوآ و همکارانش[۲۱] [۲۴] یک سامانه توصیه‌گر مبتنی بر مجموعه سخت فازی طراحی کردند که به سرعت با محیط در حال تغییر به دلیل استفاده از یادگیری عمیق سازگار می‌شود. علاوه بر این هم بر اساس روابط اجتماعی و هم وضعیت انرژی گره‌ها توصیه انجام می‌شود، اما همچنان مشکل حریم خصوصی و شروع سرد برقرار است. یک سامانه توصیه‌گر ترکیبی توسط کنگ و همکارانش[۲۲] [۲۰] ارائه شده است، که از گروه‌های همبسته اجتماعی استفاده می‌کند و مبتنی بر دانش است. این روش موجب بهبود نسبی شروع سرد می‌شود، اما همچنان از نبود اعتماد و حریم خصوصی رنج می‌برد.

نیزامکاری و همکارانش[۲۳] [۲۳] یک توصیه‌گر مبتنی بر گراف ارائه دادند، که با یک روش فیلتر مشارکتی اعتماد را در توصیه برقرار کرده است، اما هم‌چنان مشکل شروع سرد در این روش نیز وجود دارد. در تحقیقی دیگر توسط چن و همکارانش[۲۴] [۲۱] یک سامانه توصیه‌گر ترکیبی که جزو اولین سامانه‌های توصیه‌گر در محیط SIoT است، پیشنهاد دادند. این سیستم آگاه از انرژی است و می‌تواند اعتماد را در توصیه برقرار کند. اما شروع سرد و نبود حریم خصوصی در این کار نیز از مشکلات عمده است.

در [۲۶] سیناها و همکارانش[۲۵] یک سامانه توصیه قابل اعتماد به کاربر را با استفاده از ادغام جنبه‌های متعدد رفتار اجتماعی کاربر ارائه دادند که تجزیه و تحلیل حوزه‌های اجتماعی کاربران می‌تواند سامانه توصیه را دقیق‌تر کند اما متاسفانه به دلیل ناکافی بودن مجموعه داده ها در این کار ارزیابی انجام نشده است.

اجاق و همکارانش[۲۶] در [۲۷] سامانه توصیه‌ای طراحی کرده‌است که وظایف مختلفی از جمله ساخت پروفایل، تشخیص موقعیت، جهت‌گیری کنترل ابهام و نهایتا توصیه خدمت یا دستگاه هوشمند مناسب را بر عهده دارد. این روش به دلیل استفاده از مکان و جهت کاربر و شخصی سازی توصیه، کارآمدی بیشتری نسبت به سایر

روش‌ها دارد. اما به دلیل دریافت اطلاعات لحظه‌ای سطح محاسبات بالاتر است.

[۲۸] ابتدا یک معماری چهار لایه‌ای برای اینترنت اجتماعی اشیا طراحی کرده است و بر اساس آن یک مدل توصیه مبتنی بر یادگیری عمیق برای غلبه بر مشکل توصیه‌های آگاه از ابهام پشنهاد کرده است. در [۲۹] برای توصیه خدمت در ابتدا یک معیار مرکزیت وزن‌دار جامع بدست می‌آید. سپس یک الگوریتم انتخاب مسیر قابل اعتماد ارائه می‌شود.

۲-۲- سامانه‌های توصیه دوستان

سامانه پیشنهادی ما تفاوت عمده‌ای با سامانه‌های ذکر شده در بالا دارد، تمام کارهای تحقیقاتی ذکر شده در بالا هدفشان توصیه خدمات است و در واقع از تشابه تعاملات کاربران در شبکه‌های اجتماعی در جهت بالا بردن دقت توصیه خدمات در اینترنت اشیا استفاده می‌کنند. اما محققان کمتر به این موضوع توجه کرده‌اند که از تشابه تعاملات کاربران و دستگاه‌های هوشمندشان می‌توان در جهت بالا بردن دقت توصیه کاربر در شبکه‌های اجتماعی برای یافتن دوستان مناسب نیز استفاده نمود. کاربرانی که در اینترنت اشیا ویژگی‌های مشترکی دارند را می‌توان به عنوان کاربران مشابه در نظر گرفت و کاربرانی که رفتار و ویژگی‌های مشابه در اینترنت اشیا دارند، قطعا تمایل بیشتری برای دوستی و ارتباط در شبکه‌های اجتماعی خواهند داشت. تنها سامانه ای که به این موضوع توجه نموده یعنی از تشابه کاربران در اینترنت اشیا برای بهبود توصیه در شبکه اجتماعی بهره برده، سامانه توصیه بوک و همکارانش[۲۷] [۱۴] است. در این روش با محاسبه‌ی تشابه از مجموع تعاملات کاربر و تعاملات شیء یک سامانه توصیه‌گر طراحی کردند که k کاربر مشابه را توصیه می‌کند. نوآوری این کار استفاده از تعاملات کاربر از کلمات کلیدی مورد استفاده است که این موضوع موجب بالا رفتن دقت توصیه شده است. اما شروع سرد، نبود اعتماد و حریم خصوصی از مشکلات موجود در این کار است.

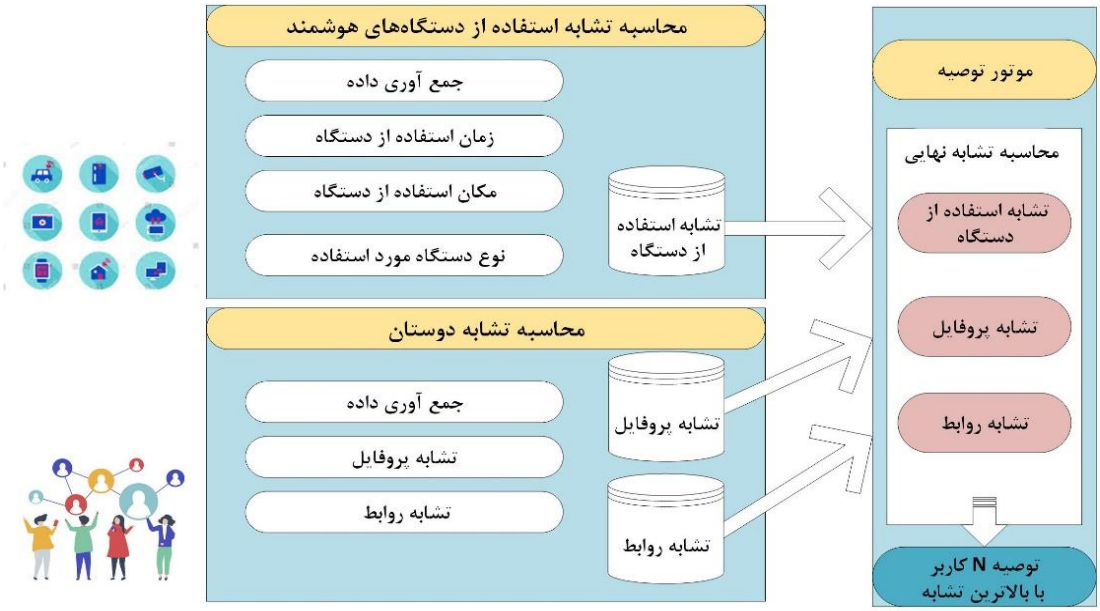
تا جایی که ما اطلاع داریم تنها سامانه توصیه کاربر در اینترنت اجتماعی اشیا تا امروز، سامانه توصیه بوک و همکارانش[۲۸] [۱۴] است، باقی کارها به توصیه خدمات پرداخته اند. لذا تنها کار قابل مقایسه با سامانه پیشنهادی ما سامانه توصیه در [۱۴] است.

۳- روش پیشنهادی

در این قسمت، یک طرح توصیه کاربر ارائه می‌شود که به کاربران با علایق مشابه اجازه می‌دهد تا به عنوان دوست به یکدیگر معرفی شوند. روش پیشنهادی ابتدا تعامل بین کاربر و دستگاه‌های هوشمند را تجزیه و تحلیل می‌کند و تشابه علایق کاربران به دستگاه‌های هوشمند را محاسبه می‌کند، سپس در بخش بعدی تشابه پروفایل کاربران محاسبه می‌شود و همچنین تشابه دوستان مشترک در شبکه‌های اجتماعی نیز محاسبه می‌شود و در نهایت تشابه نهایی از مجموع تشابهات محاسبه می‌شود و K کاربر با بالاترین تشابه به کاربر مورد نظر توصیه می‌گردد. چارچوب کلی روش را در شکل ۲ مشاهده می‌کنید و علائم و اختصارات که در ادامه‌ی مقاله استفاده خواهند شد در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱- علایم و اختصارات استفاده شده در مقاله

علائم و اختصارات	مفهوم
DS_{ij}	تشابه دستگاه‌های هوشمند کاربران i و j
CoL_{ijk}	هم‌مکانی دستگاهk برای کاربران i و j
P_{ik}	اولویت دستگاه k برای کاربر i
PS_{ij}	PS_{ij} شباهت پروفایل کاربران i و j
P_i	مجموعه اطلاعات پروفایل کاربران i
RS_{ij}	تشابه رابطه بین کاربران i و j
R_{ik}	رابطه کاربر i که به وسیله دستگاه k ایجاد شده
PS_{ij}	شباهت پروفایل کاربران i و j
P_i	مجموعه اطلاعات پروفایل کاربران i
$Total\ Similarity_{ij}$	تشابه نهایی جفت کاربر i و j



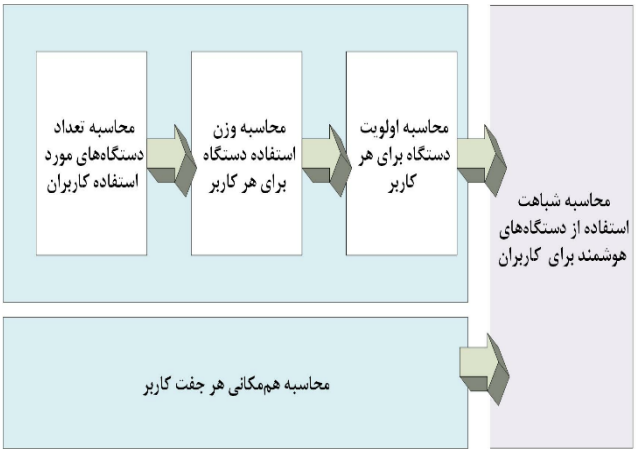
شکل ۲- چارچوب کلی روش توصیه پیشنهادی در این مقاله

۳-۱- محاسبه تشابه دستگاه‌های هوشمند مورد استفاده کاربران

در این بخش از ایده روش پیشنهادی بوک و همکارانش [۱۴] استفاده شده است، بر این اساس در محیط SIoT، کاربران می‌توانند انواع مختلفی از داده‌ها را براساس دستگاه‌های IoT مختلف به دست آورده و استفاده کنند. اگر کاربران از داده‌های مشابه بر اساس دستگاه‌های IoT مشابه استفاده کنند، می‌توان استنباط کرد که آن‌ها ویژگی‌های مشابهی دارند. اولویت دستگاه، که درجه تعامل بین کاربران و دستگاه‌های IoT را نشان می‌دهد، از طریق تجزیه و تحلیل تعامل دستگاه‌های مشابه کاربران به دست می‌آید. این موضوع براساس زمان و مکان استفاده از دستگاه‌های IoT محاسبه می‌شود. کاربرانی که اولویت‌های مشابهی از دستگاه‌های IoT دارند به عنوان کسانی شناسایی می‌شوند که تمایلات مشابهی دارند و می‌توانند به عنوان دوستان آینده به کاربران پیشنهاد شوند. اگر یک کاربر به طور مکرر از یک دستگاه IoT خاص استفاده کند، می‌توان استنباط کرد که کاربر عمیقا به دستگاه IoT علاقه‌مند است. در این راستا، فراوانی استفاده از دستگاه‌های IoT متناسب با تعداد دفعات استفاده از این دستگاه‌ها توسط کاربران است. زمان استفاده از دستگاه‌های IoT برای شناسایی علایق اخیر کاربران استفاده می‌شود. اگر مشخص شود که کاربر از دستگاه‌های IoT استفاده کرده است، تفاوت بین زمان‌های اخیر و فعلی استفاده از این دستگاه‌ها، محاسبه می‌شود. در [۱۴] برای تجزیه و تحلیل تعامل دستگاه‌های هوشمند برای شناسایی اولویت دستگاه کاربر، اول، فرکانس استفاده از دستگاه‌های IoT بر اساس جزئیات استفاده در محیط SIoT محاسبه می‌شود، سپس اولویت دستگاه‌های مورد استفاده کاربران با بهینه‌سازی فرکانس استفاده از دستگاه‌های هوشمند محاسبه می‌شود. همانطور که چارچوب کلی روش پیشنهادی در شکل ۳ قابل مشاهده است، برای محاسبه‌ی شباهت استفاده از دستگاه‌های هوشمند توسط کاربران ابتدا اولویت استفاده از دستگاه به صورتی که گفته شد، محاسبه می‌شود. سپس تشابه مکانی دستگاه‌ها محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است تشابه مکانی کاربران با استفاده از رابطه ژاکارد محاسبه می‌شود. در صورتی که کاربران به دفعات بیشتری در یک مکان مشترک از دستگاه‌های هوشمند استفاده کرده باشند، تشابه مکانی بالاتری دارند [۱۴].

در نهایت به صورت رابطه ۱ شباهت استفاده از دستگاه‌های هوشمند محاسبه می‌گردد. در این رابطه DS_{ij} نشان دهنده تشابه دستگاه‌های هوشمند کاربران i و j است و P اولویت دستگاه k برای هر کاربر را نشان می‌دهد، هم‌مکانی دستگاه k برای کاربران i و j نیز به صورت CoL_{ijk} توسط رابطه‌ای که در [۱۴] تعریف شده محاسبه شده است. n نیز در این رابطه تعداد دستگاه هایی است که کاربر مالک آن است. در نهایت تشابه نهایی به صورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

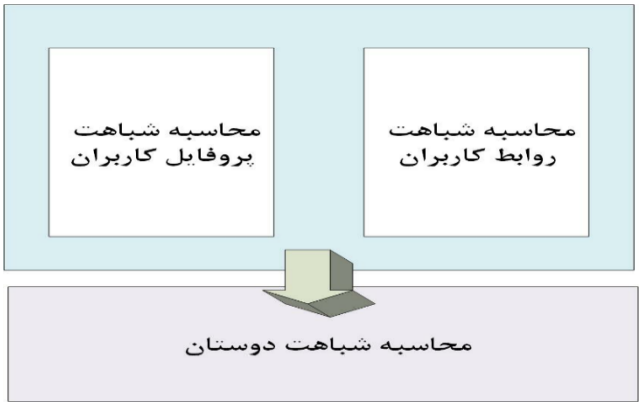
$$DS_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{n} P_{ik} \times P_{jk} \times CoL_{ijk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n} P_{ik}^{2}} \sqrt{\sum_{k=1}^{n} P_{jk}^{2}}} \qquad (1)$$



شکل ۳-چارچوب محاسبه تشابه دستگاه‌های هوشمند مورد استفاده کاربران در روش پیشنهادی این مقاله

۳-۲- محاسبه تشابه دوستان کاربران در شبکه‌های اجتماعی

اگر کاربران روابط و دوستان مشترکی داشته باشند، قطعا ویژگی‌های مشترک بسیاری دارند و احتمالا علاقه‌مند هستند تا با دوستان غیر مشترک یکدیگر نیز ارتباط برقرار کنند و با یکدیگر تبادل داده داشته باشند. از این‌رو این روش پیشنهادی برای توصیه کاربران از روابط و دوستان مشترک که در شبکه‌های اجتماعی وجود دارد، بهره می‌برد. در روش پیشنهادی این مقاله برای محاسبه تشابه دوستان کاربران از دو بخش تشابه روابط مشترک و تشابه پروفایل‌های شبکه‌های اجتماعی استفاده شده است و از مجموع این دو تشابه با تشابه استفاده از دستگاه‌های هوشمند، تشابه نهایی حاصل می‌شود. شمای کلی محاسبه تشابه دوستان در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴-چارچوب کلی محاسبه تشابه دوستان در روش پیشنهادی این مقاله

۳-۲-۱- محاسبه تشابه روابط در شبکه‌های اجتماعی

در شبکه‌های اجتماعی هر کاربر با تعدادی کاربر دیگر در ارتباط است که به عنوان دوستان کاربر شناخته می‌شوند، واضح است کاربرانی که دوستان مشترکی دارند اولویت‌ها و علایق مشترکی دارند، از این‌رو از رابطه پیرسون[۲۹] برای محاسبه تشابه روابط مشترک کاربران در شبکه‌های اجتماعی استفاده شده است. در رابطه ۲ نحوه محاسبه این تشابه نشان داده شده است:

$$RS_{ij} = \frac{Cov\,(R_{ik},R_{jk})}{\sigma(R_{ik},R_{jk})} \qquad (۲)$$

در این رابطه RS_{ij} تشابه رابطه کاربران i و j را نمایش می‌دهد، R_{ik} و R_{jk} نیز رابطه کاربر i یا j را به وسیله دستگاه هوشمند k نشان می‌دهد. دستگاه هوشمند k دستگاهی است که کاربر با آن از طریق شبکه اجتماعی با کاربر دیگر ارتباط داشته است. یعنی RS_{ij} نشان می‌دهد هر کاربر با کاربر دیگر با چه نوع دستگاهی و به چه میزان ارتباط داشته است. به عنوان مثال در صورتی که کاربران همیشه با یک نوع دستگاه با یکدیگر ارتباط داشته‌اند، سبک زندگی مشترکی دارند.

۳-۲-۲- محاسبه تشابه پروفایل‌های کاربران در شبکه‌های اجتماعی

یکی از مشکلات عمده سامانه‌های توصیه مشکل شروع سرد است. در روش پیشنهادی در این مقاله، از داده‌های پروفایل برای رفع این مشکل استفاده شده است. داده‌های پروفایل داده‌هایی هستند که کاربران در هنگام ورود به شبکه‌های اجتماعی ثبت می‌کنند. یعنی داده‌هایی هستند که به صورت صریح توسط خود کاربران ثبت می‌شود و نشان‌دهنده علایق هر کاربر هستند. با محاسبه تشابه پروفایل کاربران می‌توان کاربرانی که علایق مشابه دارند را پیدا کرد و از سوی دیگر چون اطلاعات پروفایل در ابتدای ورود کاربران به صورت صریح در شبکه‌های اجتماعی ثبت می‌شود، می‌تواند تا حدودی مشکل شروع سرد را رفع کند.

برای محاسبه تشابه پروفایل‌های کاربران از ضریب تشابه ژاکارد استفاده شده است. رابطه ۳ نشان‌دهنده روش محاسبه تشابه پروفایل‌های کاربران در شبکه‌های اجتماعی است، در این رابطه PS_{ij} شباهت پروفایل کاربران i و j را نشان می‌دهد، P_i و P_j نیز مجموعه اطلاعات پروفایل کاربران i و j است.

$$PS_{ij} = \frac{P_i \cap P_j}{P_i \cup P_j} \qquad (۳)$$

۳-۳- محاسبه تشابه نهایی و توصیه کاربر

پس از محاسبه تشابه دستگاه‌های هوشمند مورد استفاده کاربران با کاربر مورد نظر در IoT و تشابه دوستان و پروفایل کاربر مورد نظر با سایرکاربران در شبکه های اجتماعی، تشابه نهایی را به‌صورت رابطه ۴ بدست می‌آوریم. در این رابطه مجموع سه شباهت با استفاده از وزن α و β وγ بدست می‌آید.

$$\text{Total Similarity}_{ij} = \alpha\, DS_{ij} + \beta\, PS_{ij} + \gamma\, RS_{ij} \qquad (۴)$$

در این رابطه $\text{Total Similarity}_{ij}$ تشابه نهایی جفت کاربر i و j را نشان می‌دهد. RS_{ij} تشابه روابط کاربر i با کاربرj در شبکه‌های اجتماعی است که در مرحله قبل به‌دست آمد. PS_{ij} تشابه پروفایل کاربر i با کاربرj در شبکه‌های اجتماعی است وDS_{ij} نیز تشابه دستگاه‌های هوشمند مورد استفاده کاربرi با کاربر jدر IoT است که در مرحله قبل محاسبه شد. در گام آخر این سامانه توصیه، K تا از کاربرانی که بیشترین شباهت را به کاربر مورد نظر دارند توصیه می‌شوند.

یکی از چالش‌های اصلی در سامانه‌های توصیه موضوع امنیت است. هیچ ضمانتی وجود ندارد که کاربران توصیه شده به عنوان دوستان آینده، کاربران امنی هستند و اعتماد به کاربران توصیه شده در سامانه پیشنهادی بسیار پرخطر است. برای حل این مشکل یک عامل رضایتمندی بین ۰ تا ۱ در نظر گرفتیم که در ابتدا برای همه کاربران یک عدد یکسان است، کاربران با امتیازدهی به کاربران توصیه شده‌ای که شناخت و اعتماد کافی دارند این عامل رضایتمندی را افزایش یا کاهش می‌دهند. در سامانه توصیه این عامل رضایتمندی اگر از عددی مانند β کوچکتر باشد از لیست توصیه خارج می‌شود. در الگوریتم ۱ روند کلی این کار نشان داده شده است.

۴- ارزیابی روش پیشنهادی

برای تایید عملکرد طرح پیشنهادی، آن را با تنها طرح مشابه توصیه کاربران موجود [۱۴] براساس داده‌های عملی و داده‌های تصادفی تولید شده مقایسه کردیم. آزمایش با استفاده از برنامه متلب در محیط یک سیستم‌عامل ویندوز ۱۰- ۶۴ بیتی، با پردازنده اینتل2410M core i5 و با ۴ گیگابایت حافظه انجام شد. در ادامه مجموعه داده و معیارهای ارزیابی و مقایسه نتایج بررسی خواهد شد.

۴-۱- مجموعه داده

برای دستیابی به نتایج تجربی از مجموعه داده واقعی SIoT که از شهر هوشمندSantander [۲۵] جمع‌آوری شده است، استفاده نمودیم. در این مجموعه داده انواع برندها و مدل‌هایی که می‌توانند توسط ۴۰۰۰ کاربر مورد استفاده قرار بگیرند ثبت شده است، هم-چنین انواع خدماتی که بر اساس نوع دستگاه استفاده شده است

الگوریتم ۱-الگوریتم روش پیشنهادی این مقاله

Algorithm1

Input: Location of user L= {L_1, L_2…. Ln}, Time of Device Usage for each user T= {T_1, T_2…. Tm}, Device of each user used D= {D_1, D_2…..D_k}, Relation of each user in Social Network R= {R_1, R_2…. Rn}, Profile information of each user in Social Network P= {P_1, P_2……P_n}, goal user
Output: Recommendation List (Top K users similar to goal user)
Initialization: Satisfaction Factor for each user

۱: **Begin**
2: **For** i←1 to user list. Length **do**
3: Calculate Device Similarity of the goal user with others as given in the equation 1
4: Calculate Relation Similarity of the goal user with others as given in the equation 2
5: Calculate Profile Similarity of the goal user with others as given in the equation 3
6: Calculate Total Similarity of the goal user with others as given in the equation 4
7: **end for**
8: **For** i←1 to user list. Length **do**
9: **If** ((Total Similarity>Recommendation List) **&&** (Satisfaction Factor>β)) then
10: Update Recommendation List using Recommendation List = Recommendation List + Total Similarity
11: **end if**
12: **end for**
13: Recommend Recommendation List to goal user
14: Ranking goal user to Recommendation List
15: Update rank using Satisfaction Factor= Satisfaction Factor + Rank

16: **End**

مورد بررسی قرار گرفته است. تعداد کل اشیاء در مجموع ۱۶۲۱۶ دستگاه را شامل می‌شود که ۱۴۶۰۰ مورد از کاربران خصوصی و ۱۶۱۶ دستگاه از خدمات عمومی است. ۸ نوع دستگاه هوشمند خصوصی و ۸ نوع دستگاه هوشمند عمومی در این مجموعه داده تعریف شده است. برای هر کاربر دستگاه‌هایی که مالک آن است مشخص شده است و زمانی که از هیچ دستگاهی استفاده نکرده و مکان‌هایی که از دستگاه هوشمند استفاده کرده در مجموعه داده مشخص است. دو نوع از داده برای دستگاه‌های عمومی و خصوصی وجود دارد، که شامل داده‌های دستگاه‌های خصوصی و عمومی ثابت و متحرک است. لازم به ذکر است دستگاهای عمومی به دلیل نداشتن مالک شخصی نام کاربری ندارند و در بخش پیش پردازش

در این روش پیشنهادی حذف می‌شوند. اطلاعات کلی این مجموعه داده در جدول ۲ نشان داده شده است. به علاوه مجموعه دادهSantander [۲۵] شامل ماتریس مجاورت‌هایی برای روابط مختلف در SIoT است که در ادامه مختصری راجع به روابط موجود در این مجموعه داده توضیح داده شده است. در جدول ۳ نیز برای سهولت دسترسی به این روابط پرداخته شده است.

- OOR [۳۰]: این رابطه برای اشیای متعلق به یک کاربر ایجاد شده است[۲۵]. وقتی دستگاه‌هایی که کاربر مالک آن است مانند تلفن همراه، ساعت هوشمند، خودرو هوشمند و.... با یکدیگر ارتباط داشته باشند به آن رابطه OOR گفته می‌شود.
- POR [۳۱] : این رابطه بین اشیاء در همان نوع، مدل و برند ایجاد شده است. [۲۵] در صورت ارتباط دستگاه‌هایی از نوع برند و مدل یکسان که متعلق به کاربران مختلف است رابطه POR ایجاد می‌کند.
- C-LOR [۳۲]: اگر دستگاه‌های ثابت (عمومی یا خصوصی) و دستگاه‌های خصوصی متحرک بیش از ۱۳ بار (تعداد جلسات) با هم تماس بگیرند، می‌توانند یک رابطه هم‌مکانی ایجاد کنند [۲۵].
- SOR [۳۳] : این رابطه بر اساس سه متغیر است که عبارتند از تعداد جلسات (N = 3)، مدت جلسه (TM = 30 دقیقه) و فاصله بین دو جلسه متوالی (TI = 6 ساعت). این رابطه بین دستگاه‌های متحرک خصوصی ایجاد می شود. [۲۵]
- SIoT [۳۴]: به طور کامل شبکه SIoT با ترکیبی از همه روابط ایجاد شده است. [۲۵]

در الگوریتم پیشنهادی از اطلاعاتی نظیر زمان استفاده از هر دستگاه هوشمند برای هر کاربر و اطلاعات پروفایل و روابط موجود در شبکه‌های اجتماعی کاربران استفاده شده است که در مجموعه داده تعریف نشده است، لذا برای اطلاعات پروفایل فرض را بر این گذاشتیم که هر کاربر موجود در مجموعه داده SIoT شهر هوشمند همان کاربران مجموعه داده MovieLense است. لذا داده‌های پروفایل موجود در MovieLense را با مجموعه داده شهر هوشمندSantander ادغام کردیم. MovieLense 1M شامل ۶۰۴۰ کاربر است که ما از داده‌های جمعیتی موجود در پروفایل هر کاربر که شامل جنسیت، سن و شغل است استفاده نمودیم. داده‌های پروفایل بصورت بازه عددی در مجموعه داده ثبت شده اند که در واقع برای هر کاربر مجموعه‌ای از اعداد ذخیره شده است و برای محاسبه شباهت پروفایل کاربران استفاده می‌شود.

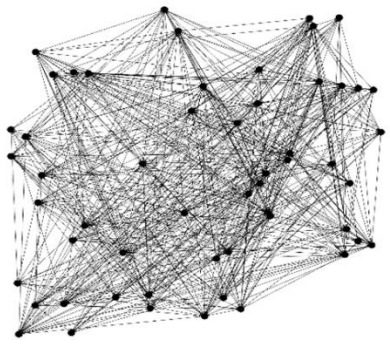
زمان استفاده از هر دستگاه را به صورت تصادفی ایجاد کردیم و روابط موجود بین کاربران در شبکه‌های اجتماعی را با استفاده از ماتریس مجاورت ها و روابط موجود در SIoT ایجاد کردیم. شکل ۵ گراف ایجاد شده از ارتباط کاربران در شبکه‌های اجتماعی در این روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

جدول ۲-اطلاعات کلی مجموعه داده Santander [۲۵]

متغیر	مقدار
تعداد کاربران	۴۰۰۰
تعداد دستگاه‌های عمومی	۸
تعداد دستگاه‌های خصوصی	۸
کل دستگاه‌های موجود درSIoT	۱۶۲۱۶

جدول ۳-انواع روابط در مجموعه داده Santander SIoT [۲۵]

روابط	توضیحات
OOR	این رابطه برای اشیای متعلق به یک کاربر ایجاد شده است.
POR	این رابطه بین اشیاء در همان نوع، مدل و برند ایجاد شده است.
C-LOR	اگر دستگاه‌های ثابت (عمومی یا خصوصی) و دستگاه‌های خصوصی بیش از ۱۳ بار (تعداد جلسات) با هم تماس بگیرند، می‌توانند یک رابطه هم‌مکانی ایجاد کنند.
SOR	این رابطه بر اساس سه متغیر است که عبارتند از تعداد جلسات (N = 3)، مدت جلسه (TM = 30 دقیقه) و فاصله بین دو جلسه متوالی (TI = 6 ساعت). این رابطه بین دستگاه‌های متحرک خصوصی ایجاد می شود.
SIoT	به طور کامل شبکه SIoT با ترکیبی از همه روابط ایجاد شده است.



شکل ۵-بخشی از گراف روابط ایجاد شده در روش پیشنهادی این مقاله برای کاربران SIoT در شبکه‌های اجتماعی

۴-۲- معیارهای ارزیابی

معیارهای ارزیابی مورد استفاده در این مقاله شامل Precision، Recall و F-Measured است. Precision نشان می‌دهد که چند درصد از پیشنهادهای الگوریتم درست بوده است. حداکثر مقدار این معیار یک و یا ۱۰۰ درصد و حداقل مقدار آن صفر است و هرچه مواردی که الگوریتم به غلط پیش بینی کرده است که به آن False Positive می‌گوییم نسبت به پیش بینی‌های درست یا True Positive بیشتر باشد، مقدار Precisionکمتر خواهد شد. رابطه ۵ نحوه محاسبه این معیار ارزیابی را نشان می‌دهد، که در آن TP پیشنهادهای درست و FP پیشنهادهای غلط را نشان می‌دهند.

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \qquad (۵)$$

معیار بعدی یعنیRecall بر خلاف معیار Precision به دنبال پوشش بر روی کل داده‌هاست. این معیار به دنبال تعیین دقت الگوریتم بر روی داده‌هایی است که واقعا دوست کاربر بوده‌اند.

حداکثر مقدار این معیار نیز یک و یا ۱۰۰ درصد و حداقل مقدار آن صفر است. هرچه مواردی که دوست کاربر بودند ولی الگوریتم پیش بینی نکرده‌است یعنیFalse Negative ، نسبت به پیش بینی‌های درست یعنیTrue Positive بیشتر باشد مقدار Recall کمتر خواهد شد. رابطه ۵ نحوه محاسبه این معیار ارزیابی را نشان می‌دهد، که در آن TP پیشنهادهای درست و FN مواردی که دوست کاربر بودند ولی الگوریتم پیش بینی نکرده را نشان می‌دهند.

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP+FN}} \qquad (۶)$$

F-Measured نیز ترکیب متعادلی از دو معیار قبلی است. رابطه ۷ نحوه محاسبه این معیار را نشان می‌دهد.

$$\text{F} - \text{Measured} = \frac{2\times(\text{Precision} \times \text{Recall})}{\text{Precision} + \text{Recall}} \qquad (۷)$$

جدول ۴-توضیح روش‌های مختلف

نام روش	توضیح
Bok et al.	روش پیشنهادی بوک و همکارانش
DS only	فقط بر اساس شباهت دستگاه‌های مورد استفاده کاربران
RS+DS	بر اساس شباهت روابط و شباهت دستگاه‌های مورد استفاده کاربران
PS+DS	بر اساس شباهت پروفایل و شباهت دستگاه‌های مورد استفاده کاربران
RS+PS+DS	بر اساس شباهت پروفایل و شباهت روابط و شباهت دستگاه‌های مورد استفاده کاربران

۴-۳- نتایج و مقایسه

ما برای ارزیابی روش پیشنهادی آن را با تنها روشی که در SIoT برای توصیه کاربر طراحی شده است یعنی روش بوک و همکارانش [۱۴] مقایسه کردیم. همچنین برای انجام ارزیابی‌های گسترده‌تر هر قسمت را به صورت جداگانه ارزیابی و با یکدیگر مقایسه نمودیم. در جدول ۴، روش‌های مقایسه شده مختصری بررسی شده‌اند.

در ارزیابی اول روش پیشنهادی با معیار Precision در حالت‌های مختلف با روش بوک و همکارانش مقایسه شده است. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، نتایج روش پیشنهادی و در حالتی که از مجموع هر سه شباهت روابط، شباهت دستگاه‌های مورد استفاده کاربران و شباهت پروفایل استفاده کرده نسبت به سایر روش‌ها بیشترین بهبود را داشته است. در حالتی که شباهت روابط به علاوه شباهت دستگاه‌های مورد استفاده کاربران مورد ارزیابی قرار گرفته نیز بهبود حاصل شده اما در حالتی که ارزیابی از مجموع شباهت پروفایل و شباهت دستگاه‌های مورد استفاده کاربران انجام می‌شود افت نتایج را داشتیم که به دلیل همخوانی نداشتن داده‌های پروفایل با داده‌های مجموعه داده است. اگر مجموعه داده‌ای در SIoT داشته باشیم که اطلاعات پروفایل در آن موجود باشد قطعا شاهد بهبود نتیجه خواهیم بود و حتی در حالت RS+PS+DS نیز بهبود بیشتری از نتایج خواهیم داشت. نتایج برای تعداد توصیه‌های متفاوت نشان می‌دهد که بالا رفتن تعداد توصیه‌ها موجب تغییر در نتایج نمی‌شود.

در شکل ۷ ارزیابی معیار Recall بر روی ۵ روش مختلف مشاهده می‌شود که به طور مشابه با معیار Precision در حالت RS+PS+DS که از هر سه تشابه استفاده شده است، بهترین بهبود در نتایج را داریم و نتایج با افزایش تعداد توصیه‌ها ثابت باقی ماندند. در شکل ۸ نیز برای معیار F-Measured بیشترین بهبود در حالت RS+PS+DS حاصل شده و در حالتی که فقط از تشابه دستگاه‌های مورد استفاده کاربران برای توصیه کاربر استفاده شده، نتایج نسبت به روش بوک و همکارانش ثابت است.

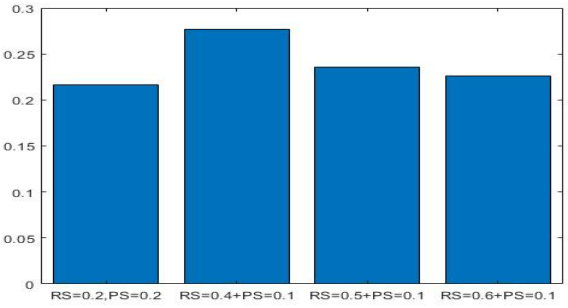
در حالت PS+DS که مجموع تشابه پروفایل و تشابه دستگاه‌های مورد استفاده کاربران است نتایج دچار افت شده که علت یکسان نبودن دو مجموعه داده است که با یکدیگر ادغام شده‌اند. در مجموع در حالتی که هر سه تشابه را برای توصیه کاربر داریم به دلیل اینکه تشابه کاربران دقیق‌تر محاسبه می‌شوند، بهبود نتایج بیش از بقیه موارد بوده و هم‌چنین در حالت RS+DS نیز به دلیل اینکه معمولا کاربران با کاربرانی که در شبکه اجتماعی ارتباط دارند تشابه زیادی دارند بهبود حاصل شده است. اما در حالت PS+DS به دلیل عدم

هماهنگی دو مجموعه داده بهبود حاصل نشده است. اما پرواضح است که تشابه اطلاعات جمعیتی می‌تواند موجب بهبود نتایج شود.

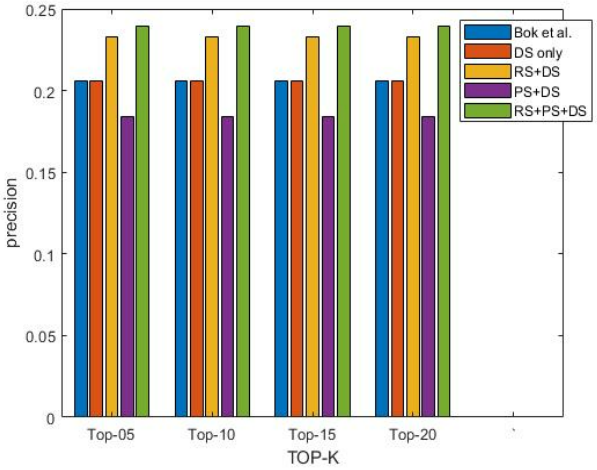
البته در روش پیشنهادی این مقاله از داده‌های پروفایل برای بهبود شروع سرد استفاده شده است. روشن است که در صورتی که در سامانه توصیه اطلاعاتی از کاربر نداشته باشیم، سامانه توصیه برای پیشنهاد کاربر به کاربر تازه‌وارد دچار مشکل می‌شود. اما چون اطلاعات جمعیتی کاربر در شبکه‌های اجتماعی در زمان ثبت نام در پروفایل ثبت می‌شود، این اطلاعات صریح برای تمام کاربران موجود در شبکه وجود دارد، لذا می‌توان از آن برای زمانی که هیچ اطلاعاتی از کاربر موجود نیست استفاده کرد و مشکل شروع سرد تا حدی بهبود می‌یابد.

ویژگی مثبت سامانه توصیه پیشنهادی در این مقاله تاثیر عامل رضایتمندی ثبت شده توسط کاربران بر روی لیست توصیه است که این مورد نیز تا حدی موجب بالا رفتن امنیت و اعتماد در سیستم توصیه خواهد شد.

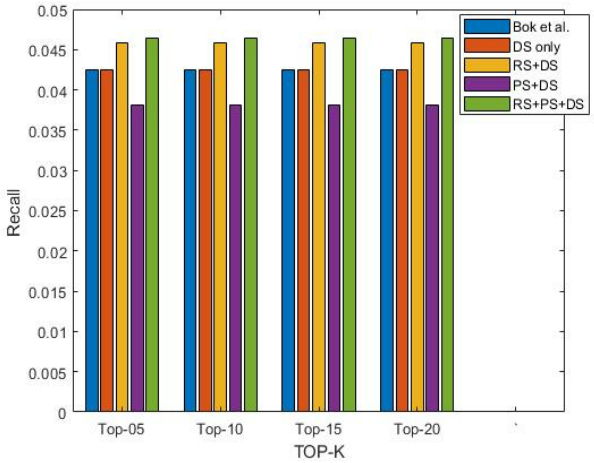
در آزمایش دیگری برای بررسی بهترین وزن α و β وγ از معیار Precision استفاده نمودیم و با عددهای مختلف بهترین نتیجه برای جمع کردن تشابهات موجود طبق شکل ۹ زمانی حاصل شد که وزن α و β وγ برای RS برابر ۰.۴ و برای DS برابر ۰.۵ و PS برابر ۰.۱ است.



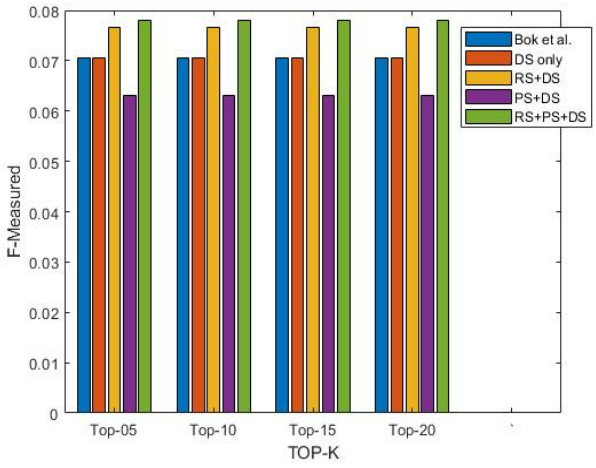
شکل ۶-بررسی وزن α و β وγ مختلف برای محاسبه مجموع تشابه



شکل ۷- مقایسه روش‌های توصیه با معیار Precision



شکل ۸- مقایسه روش‌های توصیه با معیار Recall



شکل ۹- مقایسه روش‌های توصیه با معیار F-Measured

۵- نتیجه‌گیری

اینترنت اجتماعی اشیا که با مشارکت انسانی و اقدامات اجتماعی در اینترنت اشیا بوجود آمده است، موجب رشد تصاعدی داده‌ها و اطلاعات به دلیل وجود تعداد زیادی از کاربران و خدمات مختلف شده است که یافتن خدمات یا دوستان جدید را بسیار مشکل‌تر از قبل کرده است. از این‌رو داشتن یک سامانه توصیه کارآمد که بتواند کاربران را در یافتن خدمات یا دوستان جدید یاری کند یک مسئله بسیار مهم در اینترنت اجتماعی اشیا یا همان SIoT است. علی‌رغم طراحی سامانه‌های توصیه مختلف توسط محققان در اینترنت اجتماعی اشیا هنوز طراحی یک سامانه توصیه کارآمد یک چالش مهم برای علاقه‌مندان به این مسئله است.

در اغلب کارهای موجود در محیط اینترنت اجتماعی اشیا سامانه توصیه از اطلاعات موجود در شبکه‌های اجتماعی برای بهبود سامانه توصیه خدمت در اینترنت اشیا استفاده نموده است. تا آن جایی که ما اطلاع داریم، تنها یک کار از اطلاعات موجود در اینترنت اشیا برای بهبود سامانه توصیه کاربر استفاده نموده است و به کاربرد این جنبه از اینترنت اجتماعی اشیا کمتر توجه شده است.

در این مقاله ما یک مدل توصیه کاربر در SIoT ارائه دادیم که از مجموع تشابه دستگاه‌های مورد استفاده کاربران و تشابه پروفایل کاربران و تشابه روابط کاربران برای توصیه کاربر استفاده می‌کند و وجه تمایز این کار نسبت به کارهای موجود دیگر در ابتدا استفاده از داده و اطلاعات موجود در اینترنت اشیا برای بهبود توصیه کاربر در شبکه‌های اجتماعی است. علاوه بر این، نتایج ارزیابی‌ها که با معیارهای Precision، Recall و F-Measured انجام شده است نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نسبت به تنها روش موجود ۵٪ بهبود داشته است.

از سوی دیگر روش پیشنهادی با در نظر گرفتن تشابه پروفایل در سامانه توصیه موجب بهبود شروع سرد شده است. زیرا هر کاربر تازه‌وارد در ابتدای ورود به شبکه اطلاعات پروفایل را به صورت صریح ثبت می‌کند و سامانه توصیه می‌تواند در زمانی که اطلاعاتی از کاربر در دسترس نیست، از اطلاعات ثبت شده پروفایل استفاده کند.

در آخر در روش پیشنهادی این مقاله، یک عامل رضایتمندی تعریف شده که کاربران می‌توانند با ثبت نظر خویش موجب بالا رفتن امنیت و اعتماد در سامانه توصیه شوند، زیرا کاربران غیرقابل اعتماد از لیست توصیه خارج می‌شوند.

در کارهای آینده، ما برای بهبود عملکرد توصیه کاربر SIoT با در نظر گرفتن اطلاعات زمینه بیشتر، مانند الگوی فعالیت کاربر تمرکز می‌کنیم.

مراجع

[1] Mukherjee, S., & Biswas, G. P. (2018). Networking for IoT and applications using existing communication technology. *Egyptian Informatics Journal*, *19*(2), 107-127.

[2] Sethi, P., & Sarangi, S. R. (2017). Internet of things: architectures, protocols, and applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, *2017*, 9324035.

[3] Al Falahi, K., Atif, Y., & Elnaffar, S. (2010, December). Social networks: Challenges and new opportunities. In *2010 IEEE/ACM Int'l Conference on Green Computing and Communications & Int'l Conference on Cyber, Physical and Social Computing* (pp. 804-808). IEEE.

[4] Boyd, D. M., & Ellison, N. B. (2007). Social network sites: Definition, history, and scholarship. *Journal of computer-mediated Communication*, *13*(1), 210-230.

[5] Pallis, G., Zeinalipour-Yazti, D., & Dikaiakos, M. D. (2011). Online social networks: status and trends. *New directions in web data management 1*, 213-234.

[6] Atzori, L., Iera, A., Morabito, G., & Nitti, M. (2012). The social internet of things (siot)–when social networks meet the internet of things: Concept, architecture and network characterization. *Computer networks*, *56*(16), 3594-3608.

[7] Rad, M. M., Rahmani, A. M., Sahafi, A., & Qader, N. N. (2020). Social Internet of Things: vision, challenges, and trends. *Human-centric Computing and Information Sciences*, *10*(1), 1-40.

[8] Roopa, M. S., Pattar, S., Buyya, R., Venugopal, K. R., Iyengar, S. S., & Patnaik, L. M. (2019). Social Internet of Things (SIoT): Foundations, thrust areas, systematic review and future directions. Computer Communications, 139, 32-57.

[9] Mardini, W., Khamayseh, Y., & Khatatbeh, M. H. (2017, May). Genetic algorithm for friendship selection in social IoT. In *2017 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)* (pp. 1-4). IEEE.

[10] Mansur, F., Patel, V., & Patel, M. (2017, March). A review on recommender systems. In *2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)* (pp. 1-6). IEEE

[11] Altulyan, M., Yao, L., Wang, X., Huang, C., Kanhere, S. S., & Sheng, Q. Z. (2020). Recommender Systems for the Internet of Things: A Survey. *arXiv preprint arXiv:2007.06758*.

[12] Saleem, Y., Crespi, N., Rehmani, M. H., Copeland, R., Hussein, D., & Bertin, E. (2016, December). Exploitation of social IoT for recommendation services. In *2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)* (pp. 359-364). IEEE.

[13] Rajendran, S., & Jebakumar, R. (2021). Object Recommendation based Friendship Selection (ORFS) for navigating smarter social objects in SIoT. *Microprocessors and Microsystems*, *80*, 103358.

[14] Bok, K., Kim, Y., Choi, D., & Yoo, J. (2021). User Recommendation for Data Sharing in Social Internet of Things. *Sensors*, *21*(2), 462.

[15] Lye, G. X., Cheng, W. K., Tan, T. B., Hung, C. W., & Chen, Y. L. (2020). Creating personalized recommendations in a smart community by performing user trajectory analysis through social Internet of Things deployment. *Sensors*, *20*(7), 2098.

[16] Chen, Y., Zhou, M., Zheng, Z., & Chen, D. (2019). Time-aware smart object recommendation in social internet of things. *IEEE Internet of Things Journal*, *7*(3), 2014-2027.

[17] Yan, B., Yu, J., Yang, M., Jiang, H., Wan, Z., & Ni, L. (2019). A novel distributed Social Internet of Things service recommendation scheme based on LSH forest. *Personal and Ubiquitous Computing*, 1-14.

[18] Son, J., Choi, W., & Choi, S. M. (2020). Trust information network in social Internet of things using trust-aware recommender systems. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, *16*(4), 1550147720908773

[19] Cheng, W. K., Ileladewa, A. A., & Tan, T. B. (2019, January). A Personalized Recommendation Framework for Social Internet of Things (SIoT). In *2019 International Conference on Green and Human Information Technology (ICGHIT)* (pp. 24-29). IEEE.

[20] Kang, D. H., Choi, H. S., Choi, S. G., & Rhee, W. S. (2017). SRS: Social Correlation Group based Recommender System for Social IoT Environment. International Journal of Contents, 13(1), 53-61.

[21] Chen, Z., Ling, R., Huang, C. M., & Zhu, X. (2016). A scheme of access service recommendation for the Social Internet of Things. *International Journal of Communication Systems*, *29*(4), 694-706

[22] Chen, Y., Tao, Y., Zheng, Z., & Chen, D. (2021). Graph-based service recommendation in Social Internet of Things. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, *17*(4), 15501477211009047.

[23] Nizamkari, N. S. (2017, January). A graph-based trust-enhanced recommender system for service selection in IoT. In *2017 International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)* (pp. 1-5). IEEE.

[24] Dua, A., Sharma, P., Kumar, K., Kumar, N., & Singh, U. (2019, December). Fuzzy Rough Set based Social IoT Recommender System. In *2019 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)* (pp. 1-6). IEEE.

[25] Marche, Claudio, et al. "How to exploit the Social Internet of Things: Query Generation Model and Device Profiles' Dataset". Computer Networks (2020): 107248.

[26] Sinha, A., Kumar, P., & Singh, M. P. (2022). Trusted Recommendation Model for Social Network of Things. In *International Conference on Innovative Computing and Communications* (pp. 839-847). Springer, Singapore.

[27] Ojagh, S., Malek, M. R., Saeedi, S., & Liang, S. (2020). A location-based orientation-aware recommender system using IoT smart devices and Social Networks. *Future Generation Computer Systems*, *108*, 97-118.

[28] Guo, Z., Yu, K., Li, Y., Srivastava, G., & Lin, J. C. W. (2021). Deep learning-embedded social internet of things for ambiguity-aware social recommendations. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*.

[29] Cai, B., Li, X., Kong, W., Yuan, J., & Yu, S. (2021). A Reliable and Lightweight Trust Inference Model for Service Recommendation in SIoT. *IEEE Internet of Things Journal*.

[30] Aljubairy, A., Zhang, W. E., Sheng, Q. Z., & Alhazmi, A. (2020, June). Siotpredict: A framework for predicting relationships in the social internet of things. In *International Conference on Advanced Information*

پاورقی‌ها:

[1] Internet of Things
[2] Social Internet of Thing
[3] IoT platform
[4] Services Explosion
[5] Data Sparsity
[6] Collaborative Filtering
[7] Content-Based
[8] Hybrid
[9] Knowledge Based
[10] Rajendran et al.
[11] Chen et al.
[12] Lye et al.
[13] Hypertext-induced topic search
[14] Knowledge–desire–intention
[15] Son et al
[16] Chen et al.
[17] Yan et al.
[18] Locality-Sensitive Hashing Forest

[19] Cheng et al.
[20] Justified True Belief
[21] Dua et al.
[22] Kang et al.
[23] Nizamkari et al.
[24] Chen et al.
[25] Sinha et al.
[26] Ojagh et al.
[27] Bok et al.
[28] Bok et al.
[29] Pearson Correlation
[30] ownership Object Relationship
[31] Parental Object Relationship
[32] Co-Location Object Relationship
[33] Social Object Relationship
[34] Social Internet of Thing