Archive of SID

ارائه یک مکانیزم انگیزشی آگاه به زمینه در سنجش جمعیتی موبایل جهت افزایش مشارکت کاربران

شقایق استادی عیلکی[۱]؛ حامد وحدت نژاد[۲]، استادیار؛ محمد رضوی[۳]، دانشیار

۱- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر - دانشگاه بیرجند - بیرجند - ایران - ostadi.sh@birjand.ac.ir
۲- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر - دانشگاه بیرجند - بیرجند - ایران - vahdatnejad@birjand.ac.ir
۳- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر - دانشگاه بیرجند - بیرجند - ایران - smrazavi@birjand.ac.ir

چکیده: سنجش جمعیتی موبایل یک الگوی جدید است که با استفاده از داده‌های حس شده توسط کاربران موبایل، اطلاعات جمعیتی استخراج و سپس خدمات مردم محور ارائه می‌گردد. با این حال، اکثر کاربران تمایلی به مشارکت داوطلبانه در این فرایند ندارند. از این رو وجود مکانیزم‌های انگیزشی به منظور ترغیب کاربران به مشارکت الزامی است. در این مقاله بر اساس داده‌های ارسالی کاربران، یک مکانیزم انگیزشی مبتنی بر امتیاز پیشنهاد می‌شود. این مکانیزم (CAI) با استفاده از اطلاعات زمینه‌ی به دست آمده از داده‌ی کاربر، کیفیت داده را می‌سنجد و بر اساس آن به کاربر امتیاز می‌دهد. در مرکز مکانیزم انگیزشی از سیستم استنتاج فازی به منظور محاسبه‌ی امتیاز استفاده می‌شود. با استفاده از شبیه‌سازی، مکانیزم پیشنهادی ارزیابی و تاثیر هریک از پارامترها بر امتیاز کسب شده توسط کاربر نشان داده می‌شود. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این مکانیزم می‌تواند به حل مشکل عدم توازن قیمت در مناطق مختلف سنجش کمک نماید و با تعداد کم مشارکت‌کننده در هر نقطه‌ی سنجش نیز داده‌های باکیفیت را جمع‌آوری کند.

واژه‌های کلیدی: سنجش جمعیتی موبایل، مکانیزم انگیزشی، آگاهی به زمینه.

A Context-Aware Incentive Mechanism for Mobile Crowd Sensing to Increase Participation of Users

Shaghayegh Ostadi Eilaki[1]; Hamed Vahdat-Nejad[2], Assistant Professor; Seyyed Mohammad Razavi[3], Associate Professor

1- Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran, ostadi.sh@birjand.ac.ir
2- Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran, vahdatnejad@birjand.ac.ir
3- Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran, smrazavi@birjand.ac.ir

Abstract: Mobile crowd sensing is a new paradigm that uses the data sensed by mobile users to extract population data and then provides people-centered services. However, most users do not tend to participate voluntarily in this process. Therefore, availability of incentive mechanisms is mandatory to encourage users' participation. In this paper, based on users-submitted data, a score-based incentive mechanism is proposed. This mechanism measures data quality via obtained contextual information from user data, and accordingly, gives score to the user. The fuzzy inference system is used in the center of the incentive mechanism to calculate the score. The proposed mechanism is evaluated via simulation and the effect of each parameter on the score acquired by user is shown. Simulation results show that this mechanism could be helpful in solving the problem of price imbalance in different areas of measurement and also is able to collect high-quality data at each measurement point with few number of participants.

Keywords: Mobile crowd sensing, Incentive mechanism, Context-awareness.

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۲۲
تاریخ اصلاح مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۰۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹
نام نویسنده مسئول: دکتر حامد وحدت نژاد
نشانی نویسنده مسئول: ایران - بیرجند – انتهای بلوار آوینی - دانشگاه بیرجند - دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر.

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

با افزایش محبوبیت تلفن‌های هوشمند، روز به روز بر قابلیت‌ها و امکانات آن‌ها افزوده می‌شود و کاربران آن‌ها به سرعت در حال افزایش هستند. افراد امروزه با دستگاه موبایل خود و حسگرهای موجود در آن، اطلاعات خود را در شبکه‌های اجتماعی به اشتراک میگذارند. از این فرصت می‌توان به منظور جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز سازمان‌ها استفاده کرد و در نتیجه مفهوم جدیدی به نام سنجش جمعیتی موبایل[۱] معرفی شده است[۳-۱]. سناریوی زیر یک نمونه از کارهای سنجش جمعیت که در این مقاله در نظر گرفته شده است را شرح می‌دهد:

رودخانه‌ای در نزدیکی تهران در معرض آلودگی‌های شدید قرار دارد. با جلوگیری به موقع از گسترش آلودگی، می‌توان به پاکیزگی این رود کمک نمود. پساب کارخانه‌ها، زباله‌های شهری، فاضلاب‌های شهری و کودهای شیمیایی کشاورزی از علل آلودگی این رودخانه هستند. از مردم خواسته شده است تا با عکس گرفتن از رودخانه، میزان آلودگی و مکان گسترش آن را به مسئولین ذیربط اطلاع دهند.

با وجود پیشرفت‌های فراوان در فناوری تلفن‌های هوشمند، هنوز این دستگاه‌ها محدودیت‌هایی دارند[۴]. انجام کارهای سنجش موبایل با صرف منابعی مانند استفاده از پهنای باند[۲] شبکه و مصرف باتری گوشی همراه است. به همین دلیل، کاربران تمایلی به مشارکت داوطلبانه ندارند. به منظور تشویق افراد به انجام کارهای سنجش و ارسال داده‌های حس[۳] شده، محققان مکانیزم‌های انگیزشی مختلفی را ارائه دادند[۵، ۶]. این مکانیزم‌ها عمدتا به صورت مادی[۴] و معنوی[۵] هستند. مکانیزم‌های انگیزشی مادی، جوایز و پاداش های پولی را به دنبال دارند اما مکانیزم‌های معنوی می‌توانند به صورت یک حس رضایت از خود و تحسین و تایید از جانب جامعه باشند[۷].

مکانیزم‌های انگیزشی مادی به دو صورت قیمت ثابت[۶] و قیمت پویا[۷] طراحی می‌شوند. پرداخت خُرد[۸][۸] نمونه‌ای از مکانیزم‌های انگیزشی قیمت ثابت و روش‌های مبتنی بر حراج[۹، ۱۰] از نمونه‌های مکانیزم انگیزشی قیمت پویا هستند. در مکانیزم‌های قیمت ثابت یک پاداش ثابت برای تعداد از پیش‌تعیین‌شده‌ی کاربران درنظر گرفته می‌شود. اما در مکانیزم های پویا، پاداش کاربران متفاوت است. مکانیزم‌های انگیزشی معنوی هم روش‌های مختلفی از جمله مقایسه‌ای[۹][۱۱]، عمومی[۱۰][۱۲] و باطنی[۱۱][۱۳] دارد.

چالشی که در تمام مکانیزم‌های انگیزشی وجود دارد این است که چه مقدار پاداش برای افراد در نظر گرفته شود. این مقدار به ترجیحات فردی و مقدار مطلوب از نظر آن‌ها نیز بستگی دارد و در بین کاربران مختلف بسیار متفاوت و وابسته‌به‌فرد است[۱۴]. علاوه بر این محدودیت بودجه‌ی فراهم کنندگان سرویس نیز باید مورد توجه قرار گیرد. با اینکه مکانیزم‌های انگیزشی مبتنی بر حراج، قیمت را از کاربر دریافت می‌کند اما دارای مشکلاتی همچون ریزش کاربران بازنده و افزایش قیمت توسط کاربران باقی‌مانده هستند.

این مقاله یک مکانیزم انگیزشی آگاه به زمینه به منظور محاسبه‌ی امتیاز برحسب داده‌ی ارسالی کاربران پیشنهاد می‌دهد. امتیاز هر کاربر بر اساس ارزش داده‌ی ارسالی او محاسبه می‌شود و داده‌های با اهمیت و کیفیت بالا می‌توانند امتیاز بالا را برای کاربران به ارمغان بیاورند. اطمینان مکانی[۱۲]، به‌روز بودن[۱۳]، اهمیت[۱۴] و فرکانس نمونه‌برداری[۱۵] داده‌ی ارسالی، اطلاعات زمینه‌ی مورد استفاده در این مکانیزم هستند که بر روی امتیاز کاربران موثر هستند و به منظور محاسبه‌ی مقدار هریک از آن‌ها فرمول‌هایی ارائه شده‌اند. این اطلاعات زمینه می‌توانند به توسعه‌دهندگان در تعیین کیفیت داده‌های ارسالی و جمع‌آوری داده‌هایی از مناطق مختلف مورد سنجش کمک نمایند. محاسبه‌ی امتیاز کاربران با استفاده از پارامترهای پیشنهادی توسط یک سیستم استنتاج فازی انجام می‌شود. سیستم‌های استنتاج فازی، دارای کاربردهای موفقی در زمینه‌های کنترل خودکار، طبقه‌بندی داده‌ها، تحلیل تصمیم‌ها، سیستم‌های خبره و بینایی ماشین هستند[۱۵، ۱۶]. از این‌رو به منظور تصمیم‌گیری در مورد تخصیص امتیاز به کاربران از سیستم استنتاج فازی استفاده شده است؛ به گونه‌ای که تلاش کاربران برای جمع‌آوری داده نادیده گرفته نشود. مکانیزم CAI با استفاده از محاسبه‌ی امتیاز و حذف پارامتر پول، می‌تواند در هر دو صورت مادی و معنوی کاربرد داشته باشد و مطابق با نیاز توسعه‌دهندگان عمل نماید.

در ادامه و در بخش دوم، مکانیزم‌های طراحی شده‌ی پیشین مرور می‌شوند. در بخش سوم، مکانیزم CAI به همراه پارامترهای موثر در محاسبه‌ی امتیاز و سیستم استنتاج فازی به تفصیل بیان می‌شود. در بخش چهارم، نحوه‌ی شبیه‌سازی و مباحث ارزیابی ارائه می‌گردد. بخش پنجم نتیجه‌گیری و مسیرهای باز تحقیق را توصیف می‌کند.

۲- پیشینه پژوهش

در سال‌های اخیر پژوهش‌های متعددی در زمینه‌ی ارائه‌ی مکانیزم‌های انگیزشی انجام شده است. به طور کلی مکانیزم‌های انگیزشی سنجش جمعیتی به دو دلیل ارائه می‌شوند[۱۷]:

- کاربران برای انجام یک کار سنجش، متحمل هزینه‌های پولی، استفاده از پهنای باند شبکه و مصرف باتری می‌شوند. بنابراین با پرداخت پاداش به افراد، می‌توان هزینه‌های آن‌ها را تعدیل نمود[۱۸].
- سنجش جمعیت نیازمند حضور فعال و گسترده‌ی کاربران است تا به نتیجه‌ی مطلوب برسد. دستگاه‌های هوشمند در اختیار فرد هستند و او تصمیم می‌گیرد که چه زمانی و در چه مکانی داده‌ها را به اشتراک بگذارد. با استفاده از مکانیزم‌های انگیزشی و دادن جایزه، می‌توان او را به مشارکت فعالانه ترغیب نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

مکانیزم‌های انگیزشی مادی[۹] مکانیزم‌هایی هستند که با دادن پول در قبال انجام کار سنجش در کاربران انگیزه ایجاد می‌کنند. مکانیزم‌های انگیزشی معنوی یا غیرپولی[۱۶]، با ایجاد رضایت فردی و تعامل اجتماعی باعث ترغیب کاربران می شوند[۷]. مشوق‌های عمومی از روش‌های مکانیزم‌های انگیزشی معنوی است و هدف آن تشویق افراد به نفع جامعه است. به عنوان مثال، با اندازه‌گیری آلودگی هوا توسط همهٔ افراد جامعه، می‌توان به راهکارهایی برای بهبود اوضاع جامعه دست یافت[۱۲]. استفاده از رتبه‌بندی[۱۷][۱۹] نیز از روش‌های استفاده شده در مکانیزم‌های انگیزشی غیرپولی است. اما مکانیزم‌های انگیزشی معنوی به تنهایی نمی‌توانند کاربران را به مشارکت فعالانه ترغیب نمایند زیرا معمولا افراد پس از مدتی از شرکت در برنامه‌هایی که سودی برای آن‌ها ندارد، صرفنظر می‌کنند.

پرداخت خرد[۸]، یکی از مکانیزم‌های انگیزشی مادی به صورت قیمت ثابت است. در این مکانیزم به هر کاربر در ازای هر مشارکت یک پاداش ثابت پرداخت می‌شود. اما روش قیمت ثابت ترجیحات کاربر و کیفیت داده را در نظر نمی‌گیرد و نمی‌تواند به قیمت بهینه دست پیدا کند.

نمونه‌ی دیگری از مکانیزم‌های انگیزشی پویا است که معروفترین روش آن، قیمت‌گذاری پویای حراج معکوس[۱۸][۹] است. در این مکانیزم، کاربران قیمت داده‌های حس شده‌ی خود را در یک فرایند حراج پیشنهاد می‌دهند و توسعه دهندگان تعدادی از پایین‌ترین پیشنهادات را انتخاب می‌کنند. به مرور زمان، کاربرانی که معمولا در فرایند حراج بازنده می شوند، از مشارکت صرفنظر کرده و سیستم را ترک می‌کنند. در نتیجه، به دلیل کاهش تعداد مشارکت‌کنندگان، کاربران باقیمانده قیمت داده های خود را افزایش می‌دهند و انفجار قیمت رخ می‌دهد. به دلیل ریزش کاربران و انفجار قیمت در حراج معکوس، مکانیزم‌های مختلفی به منظور بهبود این روش پیشنهاد شده است[۱۰، ۲۰، ۲۱].

یکی از مکانیزم‌هایی که به منظور بهبود روش‌های مبتنی بر حراج پیشنهاد شده است، مدل حراج چند ویژگی[۱۹][۲۲] است. در این مکانیزم علاوه بر قیمت پیشنهادی کاربر، کیفیت داده و دیگر مشخصه‌های مهم حراج نیز درنظرگرفته می‌شود. در مدل حراج چندویژگی، هر پیشنهاد دربردارنده یک پیشنهاد پولی و یک بعد چندگانه از پارامترهای کیفی است که می‌تواند به صورت یک بردار چندبعدی از ویژگی‌های مرتبط پولی و غیرپولی باشد. در این مکانیزم، یک تابع سودمندی پیشنهاد می‌شود که مقدار همه‌ی ویژگی‌های مرتبط از قبیل قیمت و ویژگی‌های کیفی[۲۰] در محاسبه‌ی آن دخیل است و یک کاربر فقط براساس قیمت پیشنهادی خود انتخاب نمی‌شود. فرمول ۱ این تابع سودمندی را نشان می‌دهد :

$$S(x) = \sum_{i=1}^{n} w_i S(x_i) \qquad (۱)$$

در این تابع، w_i وزن امتیاز هر پارامتر و مجموع آن برابر یک است. همچنین n تعداد ویژگی‌های مرتبط و $S(x_i)$ مقدار هریک از ویژگی‌ها است. با توجه به مقدار این تابع سودمندی، کاربری به عنوان برنده انتخاب می‌شود که مقدار $S(x)$ او بیشتر از همه باشد.

مکانیزم حراج چندویژگی به منظور کمک به حفظ حریم خصوصی کاربران از روشی به نام کشتی[۲۱] برای توزیع کارهای سنجش خود استفاده می‌نماید که در AnonySense[۲۳] پیشنهاد شده است. در این روش کارهای[۲۲] سنجش توسط کارفرما به سرور ارسال می‌شوند و دستگاه‌های موبایلی که در سیستم ثبت‌نام کرده‌اند، می‌توانند کارها را با توجه به شرایط پذیرششان و شرایط خود دانلود نمایند. همچنین از هویت شبکه‌ی[۲۳] دستگاه نیز با استفاده از یک شبکه‌ی بی‌نام(همچون Tor) محافظت می شود. با توجه به آشکار نشدن اطلاعات دستگاه‌ها، برخی از نگرانی‌های حریم خصوصی با این روش از بین می‌رود. این روش در مقابل روش فشاری[۲۴] است که در PRISM[۲۴] پیشنهاد شده است. در این روش دستگاه‌های موبایل در سرور ثبت‌نام می‌کنند و سرور تنها کارهایی را به آن دستگاه موبایل می‌فرستد که با اطلاعات زمینه‌ی دستگاه (همچون مکان) مطابقت می‌کند. از این رو، PRISM کاربران را رهگیری می‌کند[۲۵] تا در صورت ورود کاربران به منطقه‌ی مخصوص کار سنجش، کار را برای آن‌ها ارسال نماید.

ارزیابی کیفیت داده‌ی ارسالی کاربر مسئله مهمی است که در بسیاری از مکانیزم‌های پیشنهادی پیشین درنظر گرفته نشده است. در مکانیزم‌های مادی پیشین انتخاب کاربران بر اساس کیفیت و اهمیت داده‌ای که ارسال کرده‌اند، صورت نمی‌گیرد بلکه بر اساس پاداش درخواستی آن‌ها انتخاب و پاداش داده می‌شوند. همچنین روش‌های مبتنی بر حراج یک فرایند طولانی و طاقت‌فرسا را به کاربران تحمیل می‌نمایند. در این روش ها کاربران باید قیمت مورد نظر خود را به سیستم اطلاع دهند و در یک فرایند حراج شرکت نمایند که معمولا زمان‌بر است. ارائه‌ی پارامترهای قابل محاسبه و سازگار با برنامه های سنجش جمعیتی موبایل که بتواند ارزش داده‌ی ارسالی کاربر را تعیین کند و براساس آن، پاداش بپردازد، از موضوعات مطرح در این حوزه است.

آگاهی به زمینه مفهومی مطرح شده در حوزه‌ی محاسبات فراگیر است. زمینه، اطلاعی است که یک موجودیت را توصیف می‌کند و یک سیستم آگاه به زمینه است، اگر از زمینه برای فراهم کردن اطلاعات مرتبط یا سرویس‌هایی به کاربر استفاده نماید[۲۵]. موضوع کیفیت زمینه نیز پیش از این تعریف شده است و با تشخیص و اندازه‌گیری کیفیت یک اطلاع زمینه با توجه به نیازهای برنامه‌ی کاربردی مرتبط است[۲۶]. در این مقاله، مکانیزمی آگاه به زمینه جهت تشویق کاربران به مشارکت فعال در کارهای سنجش و جمع‌آوری داده‌های باکیفیت با استفاده از روش محاسبه‌ی امتیاز پیشنهاد می‌شود. با استفاده از مکانیزم پیشنهادی CAI کیفیت داده‌های حس شده از جانب کاربران سنجیده و متناسب با آن به آن‌ها پاداش داده می‌شود. اطلاعات

www.SID.ir

Archive of SID

زمینه‌ی مورد استفاده در این مکانیزم می‌توانند به پوشش گسترده‌تر مناطق مورد سنجش کمک نماید و تعداد داده‌های بیشتری را از این مناطق جمع‌آوری کند. همچنین این مکانیزم می‌تواند به دو صورت مادی و معنوی مورد استفاده قرار گیرد و خود را با نیاز توسعه‌دهندگان و محدودیت‌های بودجه‌ای آنان هماهنگ سازد.

۳- مکانیزم انگیزشی آگاه به زمینه[۲۶]

سیستم‌های مبتنی بر سنجش جمعیتی موبایل از داده‌های حس‌شده‌ی کاربران به جای داده‌های سنسورهای ثابت استفاده می‌کنند. از آن‌جائیکه کیفیت سرویس ارائه شده به کیفیت داده‌های حس شده بستگی دارد؛ نیاز به کیفیت‌سنجی داده‌های ارسالی کاربران وجود دارد. ترغیب کاربران به ارسال داده‌ی باکیفیت یکی از مسائلی است که باید در طراحی مکانیزم‌های انگیزشی در نظر گرفته شود.

در برخی از مکانیزم‌های انگیزشی تعداد مشارکت‌کنندگان فعال و تعداد داده‌ی حس شده را نشانگر کیفیت می‌دانند[۹]، در حالیکه تعداد زیاد داده‌هایی که کیفیت لازم را ندارد، می‌تواند مشکل‌ساز باشد. از این‌رو، نیاز به وجود پارامترهایی به منظور سنجش کیفیت داده‌های کاربران وجود دارد بگونه‌ای که قابل محاسبه باشد. همچنین، برنامه‌های سنجش جمعیتی موبایل به داده‌هایی از تمامی مناطق مورد سنجش نیاز دارند. از این‌رو، مکانیزم‌های انگیزشی باید بتوانند کاربران را به حرکت و جمع‌آوری داده از نقاط مختلف ترغیب نمایند.

مکانیزم پیشنهادی CAI، با استفاده از اطلاعات زمینه‌ی استخراج شده از داده‌ی ارسالی کاربر، می‌تواند کیفیت و ارزش این داده را بسنجد و با توجه به آن، امتیاز او را محاسبه می‌کند. کارفرما نقطه‌ی مورد توجه[۲۷] خود که شامل مکان مورد سنجش است را در سرور تعیین می‌کند. نقطه‌ی مورد توجه می‌تواند شامل زمان شروع و پایان سنجش و همچنین نوع داده‌ی ارسالی نیز باشد[۲۷]. همانطور که پیش از این گفته شده، دو روش فشاری[۲۸] و کششی[۲۹] به منظور توزیع کارهای سنجش وجود دارد. به خاطر رهگیری[۳۰] کاربران در روش فشاری، نگرانی‌هایی در مورد حفظ حریم خصوصی و همچنین مزاحمت برای کاربران وجود دارد. از این رو، روش کششی در مکانیزم CAI به منظور توزیع کارهای سنجش مورد استفاده قرار می‌گیرد و کاربرانی که در سیستم ثبت‌نام کرده‌اند با توجه به شرایط پذیرش کار و شرایط خود، در انجام کار سنجش مشارکت می‌نمایند.

در این مکانیزم، داده‌ی حس شده‌ی کاربر در قالب سه‌تایی (زمان ، مکان ، مقدار) $= x$ به سرور ارسال می‌شود که شامل مکان کاربر و زمان اندازه‌گیری داده است. در سرور با استفاده از این مکان و زمان، مقدار اطلاعات زمینه‌ای که در امتیاز کاربران موثرند، محاسبه می‌شوند. اطمینان مکانی[۳۱]، به‌روز بودن[۳۲]، اهمیت[۳۳] و فرکانس نمونه‌برداری[۳۴] اطلاعات زمینه‌ی مورد استفاده در این مکانیزم انگیزشی آگاه به زمینه هستند که داده‌های ارسالی کاربر را توصیف می‌نمایند و با استفاده از آن‌ها امتیازی به کاربر اختصاص داده می‌شود. پس از محاسبه‌ی مقدار این پارامترها، امتیاز هر بار مشارکت کاربر با استفاده از سیستم فازی محاسبه می‌گردد و به امتیازی که پیش از این کسب کرده است، افزوده می‌شود.

در پایان دوره جمع‌آوری داده‌ها، با توجه به مجموع امتیازات کاربر به او پاداش داده می شود. تخصیص جایزه به افراد می‌تواند به روش‌های گوناگونی انجام شود. یکی از این روش‌ها، انتخاب تعدادی از دارندگان بالاترین امتیازها و تخصیص پاداشی معادل امتیازشان است. روش دیگر ارائه‌ی جایزه، با توجه به علایق کاربران و امتیاز کسب شده‌ی آنها است. علایق افراد همچون ورزش موردعلاقه توسط یک واسط کاربری جمع آوری می‌شود و پس از آن کاربر باید امتیازی معادل قیمت جایزه‌ی خود کسب نماید تا جایزه موردعلاقه‌اش را دریافت نماید. به عنوان مثال، فردی که به شنا علاقه دارد می‌تواند با کسب امتیازی معادل قیمت بلیط استخر، این جایزه را دریافت نماید.

از آن جایی که در مکانیزم CAI ، امتیاز کاربران با توجه به داده‌ی آن‌ها محاسبه می‌شود؛ روش‌های غیرپولی نیز می‌تواند در ترغیب کاربران موثر باشند. به عنوان مثال، با استفاده از روش‌های رتبه‌بندی و دستیابی به مقام‌های بالا می‌توان کاربران را به افزایش امتیاز و در نتیجه مشارکت فعال ترغیب نمود. در ادامه، اطلاعات زمینه‌ی استفاده شده برای محاسبه‌ی امتیاز و سیستم فازی پیشنهادی بیان می‌شود.

۳-۱- اطلاعات زمینه CAI

مکانیزم پیشنهادی CAI برای محاسبه‌ی امتیاز از چهار اطلاع زمینه استفاده می‌کند شامل: اطمینان مکانی[۳۵]، به‌روز بودن[۳۶]، اهمیت[۳۷] و فرکانس نمونه‌برداری[۳۸]. هریک از این پارامترها در ادامه به تفصیل بیان می‌شوند و فرمول‌هایی برای محاسبه‌ی مقدار کمی آن‌ها ارائه می‌شود.

اطمینان مکانی:

اطمینان مکانی یکی از اطلاعات زمینه‌ی توصیف‌کننده‌ی داده و از پارامترهای موثر بر محاسبه‌ی امتیاز است که با صحت اطلاعات ارسال شده توسط کاربر، مرتبط است. واژه‌ی «اطمینان»[۳۹] واژه‌ای است که می‌تواند میزان اعتماد[۴۰] به یک داده را بیان کند[۲۸، ۲۹] و بدین دلیل این پارامتر اینگونه نامگذاری شده است تا میزان اعتماد به مکان یک داده‌ی ارسال شده را بیان نماید. این پارامتر در زمانی که بیش از یک داده از یک نقطه موجود است، مفید واقع می‌شود. از این رو، می‌تواند در سنجش جمعیتی موبایل که داده‌های مختلف توسط کاربران از یک نقطه ارسال می‌شود، مورد استفاده قرار گیرد. اطمینان مکانی به داده‌ی ارسالی، به فاصله‌ی بین دستگاه موبایل و نقطه‌ی مورد سنجش بستگی دارد. در صورتی که فاصله‌ی بین دستگاه موبایل کاربر و نقطه‌ی مورد سنجش زیاد باشد، صحت اطلاعات زیر سوال می‌رود. در نتیجه هر چه کاربر به مکان سنجش نزدیک‌تر باشد، کیفیت داده‌ی او از نظر مکانی بیشتر است. فرمول ۲ برای کمی کردن این پارامتر پیشنهاد شده است[۳۰]:

www.SID.ir

Archive of SID

$$T(x) = \begin{cases} \left(1 - \frac{d(u_i,p)}{d_{max}}\right), & if \quad d(u_i,p) < d_{max} \\ 0 \quad , & otherwise \end{cases} \qquad (۲)$$

که در آن $d(u_i,p)$ فاصله‌ی بین کاربر و مکان موردنظر برای سنجش است، u_i نشان دهنده‌ی کاربر i ام و p مکان مورد سنجش است. d_{max} بیشترین فاصله‌ای است که به منظور اطمینان به داده‌ی حس شده، درنظر گرفته می شود و از جانب کارفرما تعیین می شود. با استفاده از این اطلاع زمینه، مکانیزم CAI می‌تواند داده‌های مطمئن از نظر مکانی را شناسایی و امتیاز بالاتری را به آن اختصاص دهد. همچنین این پارامتر می‌تواند کاربران را ترغیب نماید تا با حرکت و نزدیک شدن به مکان سنجش امتیاز خود را افزایش دهند و داده‌های مطمئن‌تری را به سیستم ارسال نمایند. به عنوان مثال، در شناسایی آلودگی رودخانه، هرچه کاربر به رودخانه نزدیک‌تر باشد، عکس‌های باکیفیت‌تر و با جزئیات بیشتری را در اختیار برنامه‌ی سنجش جمعیت قرار می‌دهد.

به‌روز بودن:

این اطلاع زمینه تازگی داده را در زمان ارائه‌ی آن نشان می‌دهد. بسیاری از داده‌ها بشدت پویا هستند و در صورتیکه اطلاعات به روز نباشد، به عملکرد نامطلوب و از دست دادن منابع می‌انجامد[۳۱]. با افزایش سن داده، به روز بودن کاهش می‌یابد. سن یک داده‌ی حس شده با فرمول ۳ به دست می‌آید[۳۰]:

$$Age(x) = t_{curr} - t_{meas}(x) \qquad (۳)$$

که در آن t_{curr}، زمان کنونی و در واقع زمانی است که کاربر داده را ارسال کرده است و t_{meas} زمان اندازه‌گیری داده است. به کمک سن داده، به روز بودن با فرمول ۴ محاسبه می‌شود[۳۰]:

$$U(x) = \begin{cases} \left(1 - \frac{Age(x)}{TotalTime(x)}\right), & if \quad Age(x) < TotalTime(x) \\ 0 \quad , & otherwise \end{cases} \qquad (۴)$$

که در این فرمول $TotalTime$ همان زمان تعیین شده برای هر دوره‌ی سنجش است که کارفرما تعیین می‌کند. استفاده از به روز بودن به عنوان یک پارامتر موثر در محاسبه‌ی امتیاز، کاربران را ترغیب می‌کند که داده هایی را به سرور ارسال کنند که به‌روز باشد. همچنین این پارامتر از ارسال داده‌هایی که منسوخ شده و پس از زمان سنجش ارسال می شوند، جلوگیری می‌کند. به عنوان مثال این امکان وجود دارد که کاربر داده را حس کند اما ار سال آن را به زمان دیگری موکول کند، که این امر ممکن است به از دست رفتن ارزش داده در زمان کنونی و منسوخ شدن آن منجر شود.

اهمیت:

پارامتر جدیدی است که در این مکانیزم پیشنهاد شده است و اهمیت مشارکت کاربر را نشان می‌دهد. به طور طبیعی، اولین داده‌های ارسالی در هر ناحیه اهمیت بالاتری دریافت می‌کنند. فرمول پیشنهادی برای محاسبه‌ی اهمیت داده‌ی x، برابر معکوس تعداد مشارکت‌کنندگان در نقطه‌ی مورد توجه[۴۱] مورد نظر در دوره‌ی سنجش است:

$$Importance(x) = \frac{1}{number\ of\ participants\ in\ POI_j} \qquad (۵)$$

که در آن POI_j نقطه‌ی مورد توجه j است که کاربر از آن نقطه داده‌ی x را ارسال می‌نماید. این پارامتر در تلاش است تا کاربران را به مشارکت سریع‌تر در نقاط مورد توجه تشویق نماید و اولین نفری که در هر ناحیه مشارکت می‌کند، بالاترین اهمیت را دریافت می‌نماید. در نتیجه این پارامتر امتیاز ویژه‌ای است که به نفرات اول در هر نقطه‌ی مورد توجه داده می‌شود و کاربران را به یک رقابت برای مشارکت زودهنگام ترغیب می‌نماید. همچنین این پارامتر میتواند به پوشش جغرافیایی همه‌ی مناطق مورد سنجش کمک نماید و کاربران را به جمع‌آوری داده از مناطقی که هیچ داده‌ای از آن‌ها ارسال نشده است، تشویق نماید. از طرف دیگر این اطلاع زمینه از ارسال بیش از حد داده از یک منطقه جلوگیری می‌نماید و کاربران را در مناطق مورد سنجش توزیع می نماید.

فرکانس نمونه‌برداری:

فرکانس، معیار اندازه‌گیری تعداد تکرار یک رخداد در یک واحد زمانی معین است. فرکانس نمونه‌برداری نیز تعداد داده‌های ارسالی توسط کاربر در زمان مشخص را نشان می‌دهد که طبق فرمول ۶ محاسبه می شود:

$$Sampling\ Frequency(u_i) = \frac{number\ of\ u_i's\ participations\ in\ data\ sensing}{Elapsed\ Time} \qquad (۶)$$

در این فرمول $Elapsed\ Time$ مدت زمان سپری شده از دوره‌ی سنجش و u_i نشان دهنده‌ی کاربر i ام است. به منظور نرمال‌سازی، مقدار این پارامتر بر مقدار حداکثر نرخ ارسال داده تقسیم می شود. هر بار که کاربر در فرایند سنس مشارکت کند، امتیاز مشارکت او محاسبه می‌شود و به مجموع امتیاز قبلی اضافه می‌گردد. اگر نرخ مشارکت کاربر افزایش پیدا کند، جهت کنترل مجموع امتیاز او، به هر بار مشارکت امتیاز کمتری اختصاص خواهد یافت تا از افزایش تصاعدی مجموع امتیازهای او جلوگیری شود.

۳-۲- سیستم استنتاج فازی پیشنهادی

سیستم استنتاج فازی یک چارچوب محاسباتی محبوب بر مبنای مفهوم مجموعه‌های فازی، قوانین فازی و استنتاج فازی است. هدف

www.SID.ir

Archive of SID

مکانیزم CAI این است که کاربری که داده‌های بیشتر و باکیفیت بالاتر را ارسال می‌نماید، امتیاز بالاتر دریافت کند و کاربرانی که تعداد زیاد داده با کیفیت پایین را ارسال می‌کنند، با کاهش امتیاز روبه‌رو شوند. وظیفه‌ی این کنترل امتیاز را سیستم فازی و قوانین آن ایفا می‌نمایند. در این مکانیزم از استنتاج فازی به منظور محاسبه‌ی امتیاز هربار مشارکت کاربر استفاده می‌شود. ورودی سیستم استنتاج فازی، اطلاعات زمینه‌ی توصیف‌کننده‌ی داده و خروجی آن امتیاز[۴۲] هر بار مشارکت کاربر است. در ادامه مراحل مختلف سیستم فازی پیشنهادی بیان می شوند.

تبدیل مقادیر قطعی[۴۳] ورودی‌ها به متغیرهای زبانی در مرحله‌ی فازی سازی انجام می شود که این تبدیل برطبق توابع عضویت صورت می‌گیرد. توابع عضویت، درجه عضویت یک عنصر به یک مجموعه فازی را کمی می‌کنند. این مقدار بین صفر و یک قرار دارد که مقدار صفر به معنای عدم عضویت یک عنصر و مقدار یک به معنای عضویت کامل آن است. با توجه به اینکه از روش سعی و خطا برای تنظیم توابع عضویت استفاده شده است، هرچه تعداد پارامترهای توابع کمتر باشد، امکان تنظیم آنها ساده‌تر است. از این رو برای همه‌ی متغیرها به دلیل سادگی از توابع عضویت مثلثی استفاده شده است. به منظور پرهیز از پیچیدگی، سه مقدار low، medium و high برای هریک از متغیرهای ورودی انتخاب شده و خروجی فازی که امتیاز کاربر است، پنج مقدار very high، high، medium، low ، very low و negative دارد. با توجه به اینکه متغیرها نرمال شده‌اند بازه‌ی پارامترهای ورودی از صفر تا یک است؛ اما تابع negative در خروجی فازی شامل یک بخش منفی نیز است تا اگر نقش کاربر، مخرب باشد از امتیاز او کاسته شود و امتیاز مثبتی به او تعلق نگیرد.

استنتاج فازی فرایندی است که طی آن نگاشت از ورودی‌ها به خروجی‌ها با استفاده از منطق فازی ضابطه‌مند می‌گردد. با توجه به نگاشت انجام شده یک تصمیم اتخاذ و یا یک الگو تشخیص داده می شود. موتور استنتاج به وسیله‌ی قوانین فازی که به صورت IF-THEN هستند، ورودی‌های فازی را به خروجی تبدیل می‌کند. جدول ۱، قوانین فازی مکانیزم CAI را نشان می‌دهد. این قوانین از طریق مشورت با افراد خبره و همینطور سعی و خطا تهیه شده‌اند. با توجه به اینکه اطمینان مکانی به صحت داده از نظر مکانی مرتبط است، این پارامتر در مکانیزم CAI، اهمیت فراوانی دارد. زیرا در صورتی که کاربر داده را از مکانی دور از مکان سنجش ارسال نماید، صحت داده‌ی او زیر سوال می‌رود. از این‌رو، در قوانین تعریف شده اطمینان مکانی نقش کلیدی دارد. با توجه به این قوانین، کاربری که داده‌ی مطمئن، به‌روز و با اهمیت را به سیستم ارسال نماید، بالاترین امتیاز را دریافت می‌کند. اما در صورتی که داده‌ی کاربر دارای به‌روز بودن پایین باشد، با توجه به اهمیت آن داده در مورد امتیاز او تصمیم‌گیری می‌شود. در صورتیکه اطمینان مکانی به داده‌ی کاربر متوسط باشد، بالاترین مقدار به او تعلق نخواهد گرفت و با توجه به به‌روز بودن و اهمیت آن امتیازاتی متفاوتی از بالا تا بسیار پایین دریافت خواهد کرد. با توجه به این قوانین، اگر اطمینان مکانی کاربر پایین باشد، او نمی‌تواند امتیاز بالا بگیرد و با توجه به به‌روز بودن و اهمیت داده‌ی او امتیازاتی بین متوسط تا بسیار پایین دریافت می‌کند. درصورتیکه کاربر داده‌ای با اطمینان مکانی پایین و به‌روز بودن کم به سیستم ارسال نماید؛ با توجه به اهمیت و فرکانس نمونه‌برداری او در مورد امتیاز او تصمیم‌گیری می شود. در این حالت، اگر اهمیت داده‌ی او بالا باشد، امتیاز پایین را دریافت می کند. اما اگر فرکانس نمونه‌برداری او بالا باشد و کیفیت داده‌ی او پایین باشد، با امتیاز منفی و کاهش امتیاز روبه‌رو می‌شود.

جدول ۱: قوانین فازی پیشنهادی

شماره قانون	IF LOCATION TRUST	AND UP-TO-DATENESS	AND IMPORTANCE	AND SAMPLING FREQUENCY	THEN SCORE
۱	high	high	high	-	Very high
۲	high	high	med	-	high
۳	high	high	low	-	med
۴	high	med	-	-	high
۵	high	med	low	-	low
۶	high	low	high	-	high
۷	high	low	med	-	med
۸	high	low	low	-	low
۹	med	high	-	-	high
۱۰	med	med	-	-	med
۱۱	med	low	high	-	med
۱۲	med	low	med	-	low
۱۳	med	low	low	-	Very low
۱۴	low	high	high	-	med
۱۵	low	high	med	-	low
۱۶	low	high	low	-	Very low
۱۷	low	med	high	-	low
۱۸	low	med	-	-	Very low
۱۹	low	low	high	-	low
۲۰	low	low	high	high	Very low
۲۱	low	low	med	-	Very low
۲۲	low	low	low	low	Very low
۲۳	low	low	low	-	negative
۲۴	low	low	-	high	negative

در مرحله غیرفازی‌سازی[۴۴]، مقدار فازی خروجی به یک مقدار قطعی[۴۵] تبدیل می‌شود. از این‌رو، در این مرحله مقدار عددی امتیاز مشارکت جاری کاربر بدست می‌آید. به منظور غیرفازی کردن خروجی از روش غیرفازی سازی مرکز جرم[۴۶] [۳۲] استفاده شده است که مرکز جرم محدوده زیر تابع عضویت امتیاز را محاسبه می‌کند. مرکز جرم روشی رایج و محبوب به منظور غیرفازی کردن خروجی‌های فازی است و توانایی محاسبات دقیق و سریع را دارد.

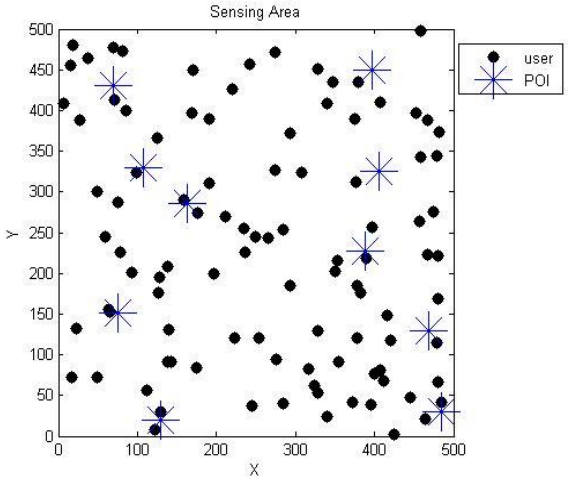
۴- ارزیابی

با توجه به محدودیت‌ها و پیچیدگی‌های به کارگیری برنامه‌های سنجش جمعیتی که نیازمند یک جمعیت بزرگ و فعال است، اکثر پژوهش‌های

www.SID.ir

Archive of SID

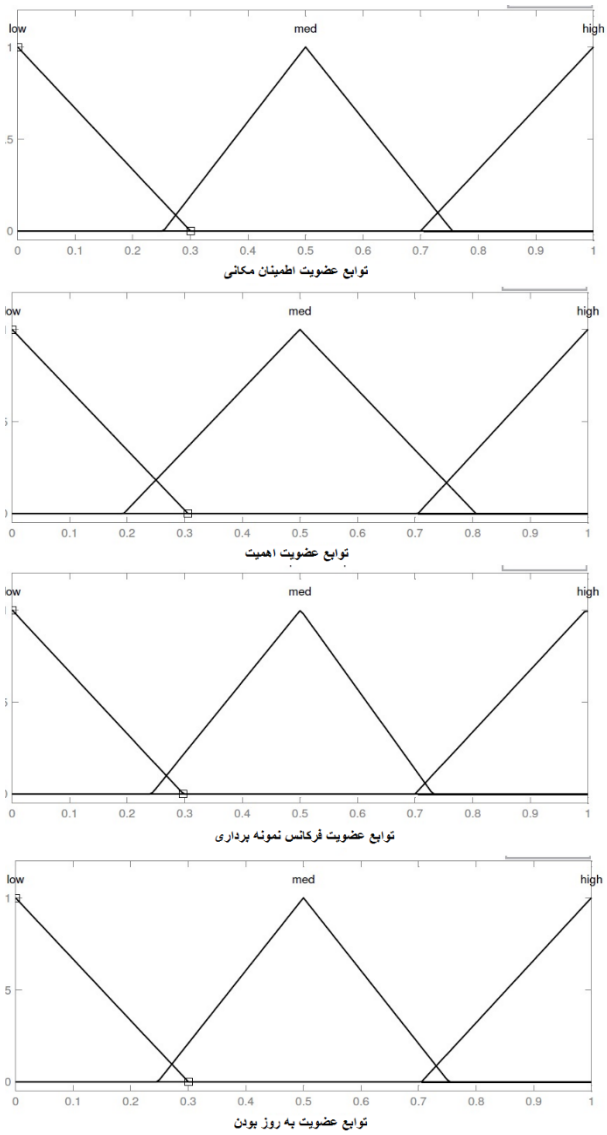
پیشین از شبیه‌سازی به منظور ارزیابی استفاده نموده‌اند. به منظور شبیه سازی مکانیزم پیشنهادی یک حوزه به اندازه ۵۰۰ × ۵۰۰ واحد در نظر گرفته شده است و مدت زمان شبیه‌سازی ۵ واحد زمانی در نظر گرفته شده است. در شبیه‌سازی از واحد مکانی و زمانی خاصی استفاده نشده است و می‌تواند هریک از واحدهای طولی همچون متر و کیلومتر و یا واحدهای زمانی دقیقه، ساعت یا روز باشد. تعداد ۱۰۰ کاربر و ۱۰ نقطه‌ی مورد سنجش به صورت تصادفی در حوزه‌ی سنجش توزیع شده‌اند. شکل ۱، منطقه‌ی سنجش، کاربران و نقاط مورد سنجش را نشان می‌دهد. در این شکل علامت ستاره نشان‌دهنده‌ی نقطه‌ی مورد سنجش و دایره‌های مشکی نشان‌دهنده‌ی کاربران هستند.



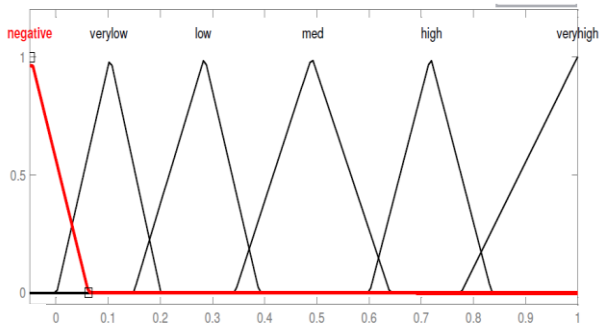
شکل ۱: منطقه سنجش، نقاط مورد سنجش و کاربران

ارسال داده توسط کاربران با یک توزیع پواسون صورت می‌گیرد که λ یا نرخ توزیع پواسون از یک توزیع یکنواخت بین ۱و ۲ مقدار می‌گیرد. مقدار حداکثر فاصله از نقطه‌ی مورد سنجش ۵۰ واحد درنظر گرفته شده است. جهت تسهیل شبیه‌سازی فرض شده‌است که هر کاربر فقط از یک نقطه‌ی مورد سنجش داده ار سال می‌نماید. با کمک مکان کاربر و زمان ارسال داده ؛ مقدار هر کدام از اطلاعات زمینه‌ی موثر بر محاسبه‌ی امتیاز با استفاده از فرمول‌های ارائه شده برای هر یک محاسبه می‌شود. به کمک مقادیر بدست آمده‌ی هر پارامتر، امتیاز هربار ارسال داده‌ی کاربر با استفاده از سیستم استنتاج فازی به دست می‌آید. شکل ۲ و ۳ توابع عضویت ورودی و خروجی سیستم فازی را نشان می‌دهند.

مکانیزم پیشنهادی CAI همچون مکانیزم حراج چندویژگی[۲۲] از پارامترهایی به منظور ارزیابی کیفیت داده های ارسالی کاربران و محاسبه‌ی امتیاز استفاده می‌کنند و از این‌رو، این مکانیزم برای مقایسه با مکانیزم پیشنهادی انتخاب شد. در نخستین آزمایش شبیه سازی، مکانیزم CAI با مکانیزم حراج چند ویژگی از نظر امتیاز محاسبه شده برای کاربران مقایسه می‌شود.



شکل ۲: توابع عضویت متغیرهای ورودی (اطمینان مکانی، اهمیت، فرکانس نمونه‌برداری و به روز بودن)



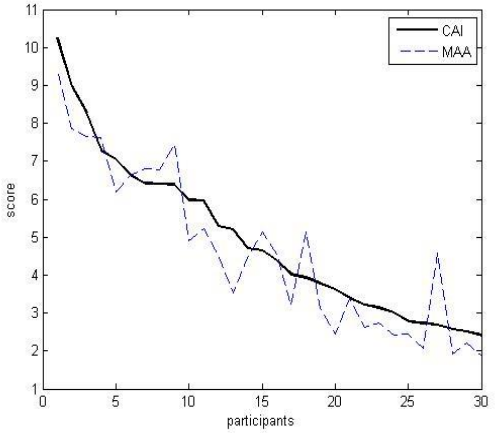
شکل ۳: توابع عضویت متغیر خروجی (امتیاز ارسال داده)

شکل ۴ مقایسه‌ی امتیاز محاسبه شده توسط مکانیزم CAI و مکانیزم حراج چند ویژگی را برای ۳۰ مشارکت‌کننده‌ای که بالاترین مجموع امتیازات را دارند، نشان می‌دهد. با توجه به شکل، عملکرد مکانیزم پیشنهادی و مکانیزم حراج چند ویژگی تقریبا مشابه است. اما

www.SID.ir

Archive of SID

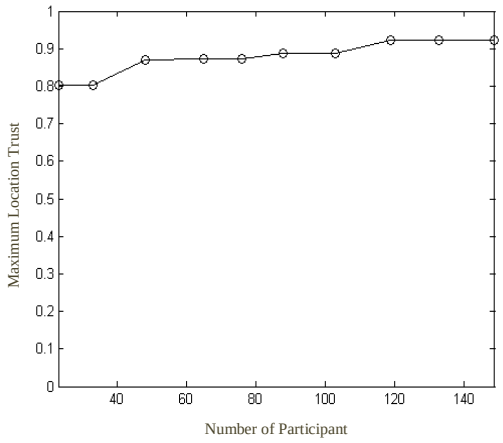
مکانیزم CAI برخلاف مکانیزم حراج چندویژگی، کاربران را درگیر فرایند طاقت‌فرسای حراج و پیشنهاد قیمت نمی‌کند و فقط براساس کیفیت داده و میزان مشارکت امتیازدهی می‌کند. معمولا کاربران انتظار دارند پاداشی که در ازای مشارکت خود دریافت می‌کنند، عادلانه باشد و یک مکانیزم انگیزشی باید عدالت را بین کاربران برقرار نماید. مکانیزم CAI عدالت را با توجه به تعداد داده‌هایی که با کیفیت قابل قبولی ارسال میشود، در نظر می گیرد و در تلاش است عدالت را بین کاربران رعایت کند. این مکانیزم با توجه به کیفیت داده‌ی ارسالی کاربران امتیازات قابل قبولی را به آن‌ها اختصاص دهد؛ به گونه‌ای که تلاش آن‌ها نادیده گرفته نشود. کاربری که داده‌های بیشتر و با کیفیت بالاتر را ارسال نماید، امتیاز بیشتری دریافت می‌کند و هرچه میزان مشارکت کاربر و کیفیت داده‌های ارسالی او پایین‌تر باشد، امتیاز کمتری دریافت می‌کند.



شکل ۴: مقایسه روش CAI و MAA از نظر امتیاز محاسبه شده برای کاربران

در آزمایش دیگر شبیه‌سازی، تاثیر افزایش تعداد کاربران در افزایش مقدار اطمینان مکانی بررسی می‌شود. در این آزمایش تعداد مشارکت‌کنندگان به مرور زمان افزایش یافته و با توجه به آن مقدار بالاترین اطمینان مکانی به دست آمده مورد بررسی قرار گرفته است.

شکل ۵ این موضوع را نشان می‌دهد که با افزایش تعداد مشارکت‌کنندگان، بیشترین مقدار اطمینان مکانی به دست آمده از داده‌ی کاربران با شیب ملایم افزایش یافته است و در ابتدای ورود کاربران نیز اطمینان مکانی داده‌ها به حد قابل قبولی دست یافته است. این به این معناست که CAI به تعداد شاخصی[۴۷] از مشارکت‌کنندگان برای افزایش کیفیت داده‌ی ارسالی نیاز ندارد و می‌تواند در رفع نگرانی فراهم‌کنندگان سرویس در مورد تعداد مشارکت‌کنندگان کمک فراوانی نماید.



شکل ۵: تغییرات بیشترین اطمینان مکانی به دست آمده با افزایش تعداد مشارکت کنندگان

یکی از چالش‌های موجود در طراحی مکانیزم‌های انگیزشی سنجش جمعیتی، عدم توازن قیمت در مناطق مختلف جغرافیایی است به صورتیکه در مناطقی که کاربران بیشتری حضور دارند، داده بسیار ارزان‌تر و در مناطق دیگر بسیار گران است[۳۳]. در آزمایش سوم شبیه‌سازی، میانگین مجموع امتیازات کسب شده توسط افراد در نقاط مختلف سنجش با توجه به تعداد مشارکت کنندگان در هر نقطه، بررسی می‌شود. شکل ۶ تعداد مشارکت‌کنندگان را در هر نقطه‌ی سنجش نشان می‌دهد و در جدول ۲ میانگین مجموع امتیازات کسب شده در هر یک از این نقاط درج شده است. با توجه به شکل، میزان مشارکت کاربران در نقاط مختلف، متفاوت است و در برخی بیش از سایرین است. با این حال توزیع امتیاز که می‌تواند تعیین کننده‌ی مقدار پاداش کاربران باشد؛ به گونه‌ای نیست که انفجار قیمت را در یک نقطه به وجود آورد. به عنوان نمونه، میانگین امتیازات در نقطه‌ی ۷ که تعداد مشارکت‌کننده‌ی زیادی دارد، بیشتر از میانگین امتیازات نقطه‌ی ۲ که تعداد مشارکت‌کننده‌ی کمتری دارد، است. با این حال به کمک پارامتر اهمیت می‌توان کاربران را به مشارکت از مناطقی که ارسال داده از آن‌ها کمتر است، تشویق نمود. در شکل۶، مقدار امتیاز نقطه‌ی ۴ تقریبا بالاتر از سایرین است و همچنین مشارکت کمتری از این نقطه صورت گرفته است. در نتیجه با اینکه مکانیزم CAI به کاربرانی که از نقاطی با مشارکت پایین داده ارسال می‌کنند، امتیاز قابل قبولی می‌دهد اما می‌تواند با عدم توازن جدی و ناعادلانه قیمت در مناطق مختلف مقابله نماید.

جدول ۲: میانگین مجموع امتیازات در هر نقطه سنجش

نقاط مورد توجه(POI)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
میانگین امتیازات	۳/۸۴۷۰	۲/۸۳۰۴	۲/۷۱۴۷	۳/۸۱۸۲	۱/۹۰۰۸	۳/۶۹۶۰	۳/۰۸۱۷	۲/۳۱۵۲	۳/۴۷۷۲	۲/۰۵۷۵

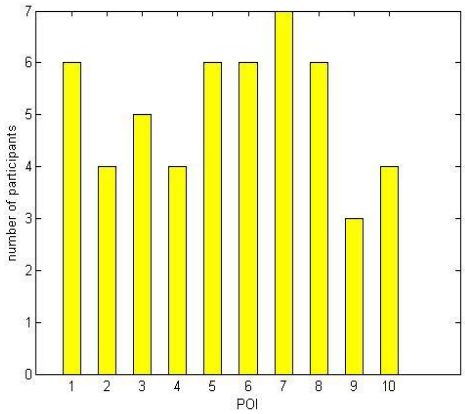
www.SID.ir

Archive of SID

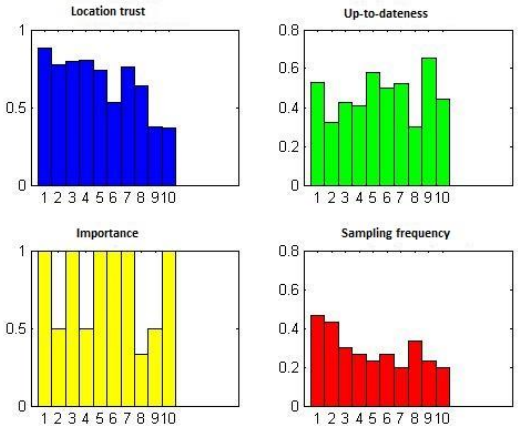
جدول ۳: مجموع امتیاز ۱۰ مشارکت کننده

نفرات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
امتیاز	۱۰/۴۶۱۴	۷/۲۵۷۵	۵/۹۳۱۴	۴/۷۳۳۶	۴/۲۱۶۵	۳/۹۳۰۵	۳/۸۱۳۷	۳/۶۲۲۷	۳/۴۰۹۴	۲/۹۱۰۵

در ادامه‌ی آزمایش قبل، شکل ۷ مقدار هر یک از پارامترها را برای ۱۰ نفر از مشارکت‌کنندگان که به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند، نشان می‌دهد و در جدول ۳ نیز مقدار این امتیازها به ترتیب نزولی قرار دارد. در ادامه تاثیر هر یک از پارامترها بر امتیاز کاربران و نحوه‌ی عملکرد سیستم در محاسبه‌ی امتیاز بررسی می‌شود. از آنجایی که به ازای هر بار مشارکت کاربر مقادیر متفاوتی برای پارامترها به دست می‌آید مقادیر نشان داده شده در شکل میانگین هر کدام از این پارامترها در دوره‌ی زمانی اجرای سیستم است.



شکل ۶: تعداد مشارکت کنندگان در نقاط مختلف سنجش



شکل ۷: مقدار پارامترهای ۱۰ نفر از مشارکت کنندگان

اطمینان مکانی: در نمودارهای موجود در شکل ۷، تاثیر مقدار اطمینان مکانی به عنوان یک پارامتر موثر در کسب امتیاز نشان داده شده است. کاربری که بیشترین امتیاز را نسبت به سایرین کسب کرده است، دارای مقدار اطمینان مکانی نزدیک به یک است. همچنین ۴ نفر پس از آن نیز دارای اطمینان مکانی بالای ۰،۵ هستند که این نشان‌دهنده‌ی تاثیرگذاری پارامتر اطمینان مکانی در افزایش امتیاز است. این موضوع نشان می‌دهد که استفاده از این پارامتر می‌تواند کاربران را ترغیب نماید تا به مکان سنجش نزدیک شوند و به توسعه دهندگان در جمع‌آوری داده‌های با اطمینان مکانی بالا کمک کند.

به‌روز بودن: داده‌های ارسالی نفر پنجم در نمودارهای شکل ۷، به‌روز بودن بیشتری نسبت به داده‌های نفر هفتم دارند. و اطمینان مکانی و اهمیت داده‌های هر دو تقریبا برابر است. در نتیجه پارامتر به‌روز بودن توانسته است تاثیر مثبتی در افزایش امتیاز کاربر داشته باشد. استفاده از پارامتر به‌روز بودن به عنوان یک پارامتر موثر در محاسبه‌ی امتیاز می‌تواند کاربران را ترغیب نماید که داده‌های حس شده‌ی خود را به موقع ارسال نمایند و به توسعه‌دهندگان کمک نماید تا از جمع‌آوری داده‌های منقضی شده خودداری کنند و منابع خود را به درستی مدیریت نمایند.

اهمیت: همانطور که در شکل مشخص است، مقدار اطمینان مکانی، به روز بودن و فرکانس نمونه‌برداری نفر سوم و چهارم تقریبا یکسان است اما از آنجائیکه مقدار اهمیت نفر سوم بیشتر از نفر چهارم است؛ امتیاز بیشتری به نفر سوم اختصاص یافته است. این نشان‌دهنده‌ی تاثیرگذاری پارامتر اهمیت در امتیاز کاربران است. تاثیر پارامتر اهمیت در افزایش امتیاز کاربران می‌تواند کاربران را به حس داده از مناطقی که کم‌تر سنجش شده است، ترغیب نماید و به پوشش همه‌ی مناطق جغرافیایی کمک نماید.

فرکانس نمونه‌برداری: با توجه به شکل ۷ دو نفر اول که بالاترین مجموع امتیازات را کسب کرده‌اند دارای فرکانس نمونه‌برداری بالایی نسبت به سایرین هستند. مقدار اطمینان مکانی داده‌های ارسالی این دو نفر بالا است و در نتیجه با هر بار ارسال داده مقدار امتیاز آن‌ها افزایش یافته است تا جائیکه با توجه به جدول ۳ مقدار امتیاز این دو تفاوت نسبتا زیادی با امتیاز سایرین دارد. در نتیجه ارسال زیاد داده‌ی باکیفیت بالا می‌تواند باعث افزایش امتیاز کاربران و ترغیب آن ها به مشارکت فعالانه شود.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله مکانیزم انگیزشی آگاه به زمینه CAI به منظور ترغیب کاربران به مشارکت در سنجش جمعیتی و کیفیت‌سنجی داده‌های ارسالی آن‌ها ارائه شده است. برای این منظور، چهار پارامتر که اطلاعات زمینه‌ی توصیف‌کننده‌ی داده‌ها هستند، طبق فرمول‌هایی محاسبه می شوند. در نهایت به کمک سیستم استنتاج فازی امتیاز مشارکت کاربر محاسبه می‌شود. مکانیزم CAI می‌تواند به دو صورت مادی و معنوی کاربرد داشته باشد و مطابق با خواسته‌ی توسعه‌دهندگان عمل

www.SID.ir

Archive of SID

نماید. این مکانیزم کاربران را ترغیب می‌کند تا کیفیت داده‌ی حس شـــده‌ی خود را بهبود دهند و از این طریق مقدار امتیاز و همچنین پاداش در یافتی خود را افزایش دهند. فراهم‌کنندگان ســـرویس نیز می‌توانند با استفاده از این مکانیزم داده‌های با ارزشی را به دست آورند و بر اساس آن، پاداش پرداخت نمایند. نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این مکانیزم می‌تواند با مشکل عدم توازن زیاد قیمت در مناطق مختلف جغرافیایی مقابله نماید. همچنین CAI محدودیتی درباره تعداد مشـــارکت‌کنندگان ندارد و می‌تواند در ابتدای ورود مشـــارکت‌کنندگان نیز داده‌های با کیفیت مطلوب را به فراهم‌کنندگان سرویس تحویل دهد.

از آنجایی که در این پژوهش داده‌ای وجود نداشت؛ در نتیجه امکان تنظیم توابع عضـــویت به صـــورت خودکار مقدور نبوده اســـت. پس از استقرار سیستم پیشنهادی جهت سنجش اطلاعات در طول زمان، داده هایی جمع‌آوری خواهد شـــد که در ادامه‌ی این پژوهش به کمک آنها، سعی در خودکارسازی تولید توابع عضویت و قوانین فازی خواهد شد.

از آن‌جائیکه، پارامترهای مورد اســـتفاده به زمان و مکان کاربر نیاز دارند؛ این امکان وجود دارد که به حریم خصـــوصـــی او آســـیب بزنند. ارائه‌ی یک روش به منظور حفظ حریم خصـــوصـــی یکی از موضـــوعات ا صلی ادامه این پژوهش ا ست. علاوه بر این، پی شنهاد روش‌هایی برای پرداخت پاداش بر اســـاس امتیازی که این مکانیزم به کاربر می‌دهد، از دیگر مسیرهای باز تحقیق است. اندازه‌گیری کیفیت حسگرها به صورت قابل اعتماد نیز یکی دیگر از موضوعات مورد توجه برای تحقیقات آینده اســـت که در آن صـــورت می‌تواند به عنوان یکی از اطلاعات زمینه‌ی مکانیزم CAI استفاده شود. درنهایت استفاده از مکانیزم پیشنهادی در جهت طراحی و توســـعه‌ی چارچوب ارزیابی کیفیت اطلاعات حاصـــل از سنجش جمعیت نیز یک مسیر باز برای پژوهش است.

مراجع

[1] M. Gustarini, K. Wac, and A. K. Dey, "Anonymous smartphone data collection: factors influencing the users' acceptance in mobile crowd sensing," Personal and Ubiquitous Computing, vol. 20, no. 1, pp. 65-82, 2016.

[2] X. Zhang, Z. Yang, W. Sun, Y. Liu, S. Tang ,K. Xing, *et al.*, "Incentives for mobile crowd sensing: A survey," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, no.1, pp. 54-67, 2016.

[3] R. K. Ganti, F. Ye, and H. Lei, "Mobile crowdsensing: current state and future challenges," Communications Magazine, vol. 49, no. 11, pp. 32-39, 2011.

[۴] سیمین قاسمی فلاورجانی، محمدعلی نعمت بخش و بهروز شاهقلی قهفرخی، «تخصیص وظایف چندهدفه در واگذاری به ابر سیار»، مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز، جلد ۴۶، شماره ۴، صفحات ۲۱۷-۲۳۲، ۱۳۹۵.

[5] M. Riahi, R. Rahman, and K. Aberer, *Privacy, Trust and Incentives in Participatory Sensing*, *Participatory Sensing, Opinions and Collective Awareness*, Springer, 2017.

[6] X. Li and Q. Zhu, "Social Incentive Mechanism Based Multi-User Sensing Time Optimization in Co-Operative Spectrum Sensing with Mobile Crowd Sensing," Sensors, vol. 18,no.1, p. 250, 2018.

[7] Z. Shaolin, N. Abrar, and A. Iqbal, "Incentive model design for participatory sensing: technologies and challenges," International Conference on Networking Systems and Security, Bangladesh, pp. 1-6, 2015.

[8] S. Reddy, D. Estrin, M. Hansen, and M. Srivastava, "Examining micro-payments for participatory sensing data collections," International conference on Ubiquitous computing, Denmark, pp. 33-36, 2010.

[9] J.-S. Lee and B. Hoh, "Sell your experiences: a market mechanism based incentive for participatory sensing," International Conference on Pervasive Computing and Communications, Germany, pp. 60-68, 2010.

[10] J.-S. Lee and B. Hoh, "Dynamic pricing incentive for participatory sensing," Pervasive and Mobile Computing, vol. 6, no. 16, pp. 693-708, 2010.

[11] L. Deng and L. P. Cox, "Livecompare: grocery bargain hunting through participatory sensing," workshop on Mobile Computing Systems and Applications, California, pp. 4-10, 2009.

[12] D. Mendez, A. J. Perez, M. Labrador, and J. J. Marron, "P-sense: A participatory sensing system for air pollution monitoring and control," International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, USA, pp. 344-347, 2011.

[13] S. Anawar and S. Yahya, "Empowering health behaviour intervention through computational approach for intrinsic incentives in participatory sensing application," International Conference on Research and Innovation in Information Systems, Malaysia, pp. 281-285, 2013.

[14] T. Dimitriou and I. Krontiris, "Privacy-Respecting auctions as incentive mechanisms in mobile crowd sensing," International Conference on Information Security theory and Practice, ,Greece, pp. 20-35, 2015.

[15] J.-S. R. Jang, C.-T. Sun, and E. Mizutani, Neuro-Fuzzy and Soft Computing; A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence, Prentice Hall, 1997.

[۱۶] فرناز صباحی و محمدرضا اکبرزاده توتونچی، «شناسایی سیستم‌های غیرخطی بر اساس منطق فازی توسعه یافته»، مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز، جلد ۴۴، شماره ۱، صفحات ۲۳-۳۲، ۱۳۹۲.

[17] H. Gao, C. H. Liu, W. Wang, J. Zhao, Z. Song, X. Su, *et al.*, "A survey of incentive mechanisms for participatory sensing," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 17, no. 2, pp. 918-943, 2015.

[18] T. Luo, S. S. Kanhere, J. Huang, S. K. Das, and F. Wu, "Sustainable incentives for mobile crowdsensing: Auctions, lotteries, and trust and reputation systems," IEEE Communications Magazine, vol. 55, no.3, pp. 68-74, 2017.

[19] I. Schweizer, C. Meurisch, J. Gedeon, R. Bärtl, and M. Mühlhäuser, "Noisemap: multi-tier incentive mechanisms for participative urban sensing," Third International Workshop on Sensing Applications on Mobile Phones,Canada, pp. 9-14, 2012.

[20] L. G. Jaimes, I. Vergara-Laurens, and A. Chakeri, "SPREAD, a crowd sensing incentive mechanism to acquire better representative samples," International Conference on Pervasive

www.SID.ir

Archive of SID

Workshop on Web Intelligence and Smart Sensing, France, pp. 1-6, 2014.

[28] H. Amintoosi and S. S. Kanhere, "A reputation framework for social participatory sensing systems," Mobile Networks and Applications, vol. 19, no.1, pp. 88-100, 2014.

[29] S. Chabridon, R. Laborde, T. Desprats, A. Oglaza, P. Marie, and S. M. Marquez, "A survey on addressing privacy together with quality of context for context management in the internet of things," annals of telecommunications-annales des télécommunications, vol. 69, no.1, pp. 47-62, 2014.

[30] A. Manzoor, H.-L. Truong, and S. Dustdar, "On the evaluation of quality of context," European Conference on Smart Sensing and Context, Switzerland, pp. 140-153, 2008.

[31] S. Dustdar and A. Manzoor, *Quality of Context in Pervasive Systems: Models, Techniques, and Applications*, PhD thesis, School of Computer Science, Wien TU, 2010.

[32] W. Van Leekwijck and E. E. Kerre, "Defuzzification: criteria and classification," Fuzzy sets and systems, vol. 108, no. 2, pp. 159-178, 1999.

[33] L. G. Jaimes, I. J. Vergara-Laurens, and A. Raij, "A survey of incentive techniques for mobile crowd sensing," IEEE Internet of Things Journal, vol. 2, no. 5, pp. 370-380, 2015.

Computing and Communications Workshops,Hungary, pp. 92-97, 2014.

[21] B. O. Holzbauer, B. K. Szymanski, and E. Bulut, "Socially-aware market mechanism for participatory sensing," International workshop on Mission-oriented wireless sensor networking, Turkey, pp. 9-14, 2012.

[22] I. Krontiris and A. Albers, "Monetary incentives in participatory sensing using multi-attributive auctions," International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems, vol. 27, no. 4, pp. 317-336, 2012.

[23] M. Shin, C. Cornelius, D. Peebles, A. Kapadia, D. Kotz, and N. Triandopoulos, "AnonySense: A system for anonymous opportunistic sensing," Pervasive and Mobile Computing, vol. 7, no.1,pp. 16-30, 2011.

[24] T. Das, P. Mohan, V. N. Padmanabhan, R. Ramjee, and A. Sharma, "PRISM: platform for remote sensing using smartphones," International conference on Mobile systems, applications, and services, USA, pp. 63-76, 2010.

[25] A. K. Dey, "Understanding and using context," Personal and ubiquitous computing, vol. 5, no.1, pp. 4-7, 2001.

[26] H. Vahdat-Nejad, *Context-Aware Middleware: A Review*, Context in Computing, Springer, 2014.

[27] T. Tsujimori, N. Thepvilojanapong, Y. Ohta, Y. Zhao, and Y. Tobe, "History-based incentive for crowd sensing," International

[1] Mobile Crowd Sensing
[2] Bandwidth
[3] Sense
[4] Monetary
[5] Moral
[6] Fixed price
[7] Dynamic price
[8] Micro-payment
[9] Comparison
[10] Collective
[11] Intrinsic
[12] Location trust
[13] Up-to-dateness
[14] Importance
[15] Sampling frequency
[16] Non-monetary
[17] ranking
[18] Reverse Auction Dynamic Pricing (RADP)
[19] Multi-attributive auction(MAA)
[20] Quality attributes
[21] Pull
[22] Task
[23] Network identity
[24] Push
[25] Track
[26] Context-aware incentive mechanism
[27] Point of interest (POI)
[28] Push
[29] Pull
[30] Track
[31] Location trust
[32] Up-to-dateness
[33] Importance
[34] Sampling frequency
[35] Location trust
[36] Up-to-dateness
[37] Importance
[38] Sampling frequency
[39] Trust
[40] Belief
[41] Point of interest
[42] Score
[43] crisp
[44] defuzzification
[45] Crisp
[46] Centre of Gravity (COG)
[47] Critical

www.SID.ir