Islamic Azad University , Shiraz Branch
نشریه تحلیل مدارها، داده ها و سامانه ها
Journal of Circuits, Data and Systems Analysis
sanad.iau.ir/journal/jcdsa

سوگیری الگوریتم‌های توصیه ناشی از رفتار رتبه‌بندی کاربران در شبکه‌های اجتماعی آنلاین

مهدی صفرپور[۱]، سید هادی یعقوبیان[۲*]، کرم الله باقری فرد[۳]، راضیه ملک حسینی[۴]، صمد نجاتیان[۵]

۱- گروه مهندسی کامپیوتر، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران
Mehdi.safarpour@iau.ac.ir
۲- گروه مهندسی کامپیوتر، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران
Yaghoobian.h@gmail.com
۳- گروه مهندسی کامپیوتر، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران
ka.bagherifard@iau.ac.ir
۴- گروه مهندسی کامپیوتر، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران
malekhoseini.r@gmail.com
۵- گروه مهندسی برق، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران
Sa.Nejatian@iau.ac.ir

چکیده: با افزایش ضریب نفوذ شبکه‌های اجتماعی آنلاین، نقش الگوریتم‌های توصیه‌کننده در این سکوها بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد و بررسی صحت کارکرد این الگوریتم‌ها در ارائه توصیه‌های مناسب حائز اهمیت می‌باشد. این مقاله نشان می‌دهد با حضور اطرافیان و آشنایان فرد در شبکه‌های اجتماعی، شاهد رفتارهایی از سوی کاربران در این شبکه‌ها هستیم که بیشتر جنبه روانشناسی دارد و بسیاری از کنش‌های کاربران روی یک پست از احترام یا نزدیکی فرد با صاحب پست نشات می‌گیرد. این پژوهش با بررسی رفتار کاربران در شبکه اجتماعی اینستاگرام نشان می‌دهد پیش‌بینی رتبه‌بندی پست‌های منتشر شده توسط دوستان و آشنایان فرد با دقت میانگین ۷۵ درصد امکان‌پذیر می‌باشد. قابل پیش‌بینی بودن رفتار کاربران در قبال پست‌های منتشر شده توسط نزدیکان که بدون استخراج اطلاعات آن پست صورت می‌پذیرد، نقش ارتباطات عاطفی نشات گرفته از روابط اجتماعی پایدار را در پذیرش یک پست نشان می‌دهد و امکان ارائه توصیه‌های اشتباه در الگوریتم‌های مبتنی بر فیلترینگ مشترک به دلیل این سوگیری داده‌ها را قوت می بخشد.

واژه های کلیدی: شبکه‌های اجتماعی، الگوریتم‌های توصیه‌گر، فیلترینگ مشارکتی، پیش‌بینی رفتار کاربران

Biasing recommendation algorithms due to users' rating behavior in online social networks

Mehdi Safarpour [1], S. Hadi Yaghoubyan [2*], Karamollah BagheriFard [3], Razieh Malekhoseini [4], Samad Nejatian [5]

[1] Department of Computer Engineering, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran
Mehdi.safarpour@iau.ac.ir
[2] Department of Computer Engineering, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran
Yaghoobian.h@gmail.com
[3] Department of Computer Engineering, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran
ka.bagherifard@iau.ac.ir
[4] Department of Computer Engineering, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran
malekhoseini.r@gmail.com
[5] Department of Electrical Engineering, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran
Sa.Nejatian@iau.ac.ir

* - نویسنده مسئول

Abstract:
As online social networks continue to gain widespread popularity, there is an increasing emphasis on the role of recommender algorithms within these platforms. It is crucial to evaluate the accuracy of these algorithms in providing appropriate recommendations. This paper demonstrates that the presence of individuals and acquaintances within social networks significantly influences user behavior in ways that are largely psychological. Many user actions on a post are influenced by their respect or closeness to the post's owner. Through an examination of user behavior on the Instagram social network, our research has shown that it is possible to predict the ranking of posts published by friends and acquaintances with 75% accuracy. Furthermore, it can predict the number of post likes published by relatives without any details from post. This study delves into how the predictability of user behavior towards posts from friends and acquaintances underscores the impact of emotional connections stemming from stable social relationships on post acceptance. It also raises concerns about the potential for incorrect recommendations in algorithms based on collaborative filtering due to data bias resulting from these factors.
Keywords: social networks, recommendation systems, collaborative filtering, users' behavior prediction

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۱/۲۵ تاریخ چاپ مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۱۸
DOI: 00.00000/0000

۱- مقدمه

امروزه شبکه اجتماعی آنلاین به یک بستر محبوب برای انتشار اطلاعات و ارتباط مردم با یکدیگر تبدیل شده است. افراد می‌توانند با خانواده و دوستان ارتباط برقرار کرده و در تماس باشند. دولت‌ها و سازمان‌های تجاری می‌توانند فرصت های جدیدی برای تجارت، سیاست و ارائه خدمات، برای شهروندان و مصرف کنندگان را به‌وجود آورند. افراد به دلایل مختلف از شبکه‌های اجتماعی استفاده می‌کنند اما عمدتا از رسانه های اجتماعی برای ارتباط با دوستان و اشتراک رویدادها استفاده می‌کنند [۱]. با ظهور شبکه‌های اجتماعی آنلاین[1] (OSN)، استفاده از سیستم‌های پیشنهاددهنده[2] (RS) که با استفاده از مشخصات پروفایل، فعالیت‌ها و علایق کاربران، سبب توصیه‌های بهتر به آنان می‌شود نیز وارد فاز کاربردی‌تری به‌نام سیستم‌های پیشنهاددهنده اجتماعی[3] (SRS) شده است. شبکه‌های اجتماعی آنلاین می‌توانند اطلاعاتی را فراهم کنند که بتوان ارتباطات مجازی، فیزیکی و اجتماعی میان کاربران، منافع، عادت‌های مشترک و همچنین علایق شخصی آنان را شناسایی کرد. سیستم‌های پیشنهاددهنده با استخراج این اطلاعات و بسته به دامنه کاربردی که برای آن‌ها تعریف شده است، توصیه‌های مناسب را ارائه می‌کنند. در واقع SRS دامنه توصیه خود را از پیشنهادات عمومی تا توصیه افراد برای دوستی، مکان‌ها، برچسب‌ها و دیگر موارد گسترش داده است [۲]. بررسی رفتار کاربر، تنظیمات و علایق کاربر، عناوین موضوعات و ارتباط بین آن‌ها، شناسایی گروه‌هایی از کاربران همفکر و غیره می‌تولند برای فیلتر کردن اطلاعات استفاده شود تا فقط موضوعات وابسته، به‌روز و مورد علاقه کاربران به آن‌ها نمایش داده شود. به منظور استخراج داده از رفتار کاربران در شبکه‌های اجتماعی، تحقیقات بسیاری انجام شده که هر یک سعی در مدل کردن یک یا چند جنبه از ویژگی‌های رفتار کاربران داشته‌اند، اما با توجه به پیچیدگی‌های رفتار انسان، تمام ویژگی‌های رفتار کاربران مورد بررسی قرار نگرفته است. روش‌های فیلتر کردن محتوا[4] و فیلتر کردن مشترک[5] برای پیش‌بینی اینکه افراد چگونه یک آیتم جدید را ارزیابی کرده و امتیاز می‌دهند، از دیرباز توسعه داده شده‌اند. فیلتر کردن محتوا بر این فرض بنیان نهاده شده که کاربر تمایل به مشاهده و انتخاب آیتم‌هایی دارد که قبلا نیز پذیرفته و در روش فیلترینگ مشترک، الگوریتم توصیه‌گر بر اساس تحلیل علایق کاربر و سایر کاربران (دوستان) مشابه برای نشان دادن اقلام احتمالا مورد توجه کاربر اقدام می‌کند [۳].

اصل اساسی الگوریتم‌های پیشنهاددهنده این است که بین کاربر و آیتم‌های انتخابی او وابستگی معناداری وجود دارد، بنابراین ایده اصلی این است که می‌توان علایق کاربر را بر اساس خواص (یا ویژگی‌های) آیتم‌هایی که در گذشته به آنها امتیاز داده یا به آنها دسترسی یافته است، استخراج کرد [۴]. اما به‌نظر می‌رسد رفتار کاربر در مورد تمام پست‌ها یکسان نباشد و بخشی از فرایند پذیرش یک آیتم توسط کاربر در رسانه‌های اجتماعی به فاکتورهای روانشناختی فرد همچون ارتباط عاطفی کاربر با فرد انتشاردهنده آیتم (همبستگی اجتماعی) [۵-۷]، محدودیت شناختی بر اساس تعداد دوستان [۸]، ظرفیت محدود مغز برای مدیریت روابط اجتماعی [۹]، موقعیت مکانی آیتم در زمان نمایش در صفحه وابسته است [۱۰]. موضوعاتی که در ابتدای صفحه شبکه اجتماعی یک کاربر هستند، چشم‌گیرترند، و در نتیجه، نسبت به موضوعاتی که در مکان‌های پایین‌تر هستند بیشتر احتمال دارد که مشاهده شوند. بنابراین فاکتورهای اجتماعی و شناختی در حوزه علم روانشناسی رسانه اجتماعی در احتمال پذیرش یا عدم پذیرش یک آیتم تاثیرگذار خواهد بود. عملکرد نامناسب الگوریتم توصیه مشکلاتی همچون افزایش ترافیک شبکه، اتلاف زمان و منابع کاربر، کاهش رضایت

[1] Online Social Network
[2] Recommender Systems
[3] Social Recommendation System
[4] Content-Based Filtering
[5] Collaborative Filtering

و تعامل کاربر و امکان نادیده گرفتن موارد بالقوه جالب را به دلیل نمایش داده نامناسب به همراه داشته باشد. لذا بررسی و مدل‌سازی رفتار کاربر می‌تواند سبب برطرف شدن نقاط ضعف الگوریتم‌های موجود شده و افزایش کارایی کلی سیستم را به همراه آورد.

در این پژوهش نحوه برخورد کاربران شبکه مجازی اینستاگرام در مواجه با پست‌های مختلف منتشر شده در این شبکه اجتماعی مورد مطالعه قرار گرفته است و این موضوع مورد آزمایش قرار گرفته که آیا کاربران در مواجه با پست‌های منتشر شده توسط دوستان خود، علایق خود را ملاک پذیرش پست قرار می‌دهند یا لایک کردن پست بیشتر به دلیل وجود روابط اجتماعی پایدار بین این افراد است. از آنجا که در بسیاری از الگوریتم‌های توصیه‌کننده، معیارهای مجاورت شبکه مجازی، افزایش کنش بین دو نفر را مبنای شباهت این افراد با یکدیگر لحاظ می‌کنند، آیا با استفاده از این الگوریتم‌ها امکان ارائه توصیه‌های اشتباه برای این افراد وجود خواهد داشت؟ در ادامه مقاله به‌صورت ذیل سازماندهی شده است. کارهای مرتبط در بخش ۲ مورد بحث قرار گرفته است . فاکتورهای اجتماعی تاثیرگذار در روابط افراد در یک جامعه از بعد روانشناسی در بخش ۳ تعریف شده است. بررسی رفتار کاربر روی شبکه اینستاگرام در بخش ۴ ارزیابی می‌شوند و یافته‌های تحقیق و تفسیر رفتارهای مشاهده شده در آزمایش در بخش ۵ ارائه خواهد شد.

۲- کارهای مرتبط

با ظهور شبکه‌های اجتماعی، سیستم‌های توصیه‌کننده شبکه‌های اجتماعی مورد توجه تحقیقات زیادی قرار گرفته است. کاربرد این سیستم‌ها از توصیه آیتم و مخاطب جدید فراتر رفته و شامل مواردی همچون پیشنهادات شغلی تا کشف پیوندهایی که احتمالا به روابط پایدار تبدیل می‌شود گسترده شده است [۱۱]. پیش‌زمینه هر سیستم پیشنهاددهنده، ارزیابی علایق کاربر می‌باشد. علایق و ترجیحات کاربران در شبکه‌های اجتماعی به دو شکل صریح یا ضمنی مشخص می‌شوند. ترجیحات صریح مانند لایک کردن یا کامنت و ترجیح ضمنی مثل جستجوی اطلاعاتی خاص، یا مشاهده صفحات یا پست‌هایی به‌خصوص است. استخراج علایق کاربر مبنایی برای فیلتر کردن اطلاعات نمایش داده شده به کاربر می‌باشد. علایق کاربر را می‌توان بر اساس خواص (یا ویژگی‌های) آیتم‌هایی که در گذشته به آنها امتیاز داده یا به آنها دسترسی یافته است، الگوبرداری کرد [۴]. به منظور استخراج علایق کاربر، آنالیز رفتار کاربر در شبکه‌های اجتماعی اهمیت بسیار دارد. آنالیز رفتار کاربر را در سه گام تعیین مشخصات رفتار کاربر[1]، تشخیص رفتار کاربر[2] و پیش‌بینی رفتار کاربر[3] بررسی نموده و روش‌هایی برای انجام کار در هر گام عنوان کرده اند. کامپانا و دلماسترو در [۲] دسته‌بندی مناسبی روی روش‌های پیشنهاد آیتم انجام داده و الگوریتم‌های این گروه را در دو رویکرد کلی مبتنی بر حافظه[4] که از روابط و شباهت‌های کاربر با همسایگانش در پیشنهاد آیتم استفاده می‌کند و مبتنی بر مدل[5] که از تکنیک‌های یادگیری ماشین برای یادگیری تابع هدف استفاده می‌کنند تقسیم بندی کرده‌اند. هر دو رویکرد بر اساس الگوریتم‌های فیلترینگ مشترک (CF) کار می‌کنند.

الگوریتم‌های بسیاری از رویکردهای مبتنی بر حافظه استفاده می‌کنند. روش‌های آماری، بررسی موضوع را با فیلترینگ مشترک (CF) به منظور بهبود قدرت سیستم توصیه‌گر ترکیب نمودند تا تمایلات کاربر و محبوبیت آیتم در پیشنهادات منظور نمایند و نشان می‌دهند عملکرد سیستم پیشنهاددهنده زمانی که ویژگی‌های کاربر و محتوای آیتم در نظر گرفته می‌شود بیشتر می‌شود [۱۲]. کنگ و لرمان از فعالیت‌های آنلاین کاربران، برای یافتن توجه محدود کاربران به دوستانشان و آیتم‌های منتشر شده آنها استفاده نموده است. این مقاله با ارائه مدل LA-CTR[6] دو پیشرفت مهم دارد: اول اینکه با محتوای آیتم ترکیب می‌شود و بنابراین می‌تواند قدرت توضیحی به پیشنهاداتش اضافه کند و همین‌طور آیتم‌های مربوط جدید پیشنهاد دهد. به‌علاوه مدل ارائه شده می‌تواند درجه نفوذ و تاثیر سایر کاربران در پذیرش یک آیتم را بر اساس مدل توجه محدود، یاد بگیرد [۳]. مشکل اصلی موجود در الگوریتم‌های مبتنی بر حافظه این است که الگوریتم‌ها، قابلیت پیش‌بینی امتیاز آیتم‌های بدون امتیاز را ندارند که این مشکل در الگوریتم‌های مبتنی بر مدل بر طرف می‌گردد [۲]. در بین روش‌های پیشنهاد آیتم مبتنی بر مدل، روش‌های مبتنی بر قوانین انجمنی[7]، شبکه‌های بیز[8]، ماشین‌های بردار پشتیبان[9]، تجزیه ماتریس[10]، شبکه‌های عصبی[11] و یادگیری عمیق[12] بهترین روش از نظر مقیاس پذیری و دقت روش تجزیه ماتریس می‌باشد [۴]. تجزیه ماتریس برای یافتن ساختار پنهان پشت هر داده، قدرتمندترین ابزار است و چهار مدل معروف SVD[13]، PCA[14]، PMF[15] و NMF[16] از این ساختار استفاده می‌کنند [۱۳].

ایده مشترک در راه حل‌های مبتنی بر تجزیه ماتریس این است که ارتباطات اجتماعی روی ترجیحات کاربر در شبکه‌های اجتماعی (به طور مثال، در امتیاز دهی) تاثیر می‌گذارد. انتخاب‌های دو دوست بسیار شبیه‌تر از انتخاب‌های دو فرد غریبه است؛ به همین دلیل این راه‌حل‌ها به طور معمول وزن روابط اجتماعی را تعیین می‌کنند که نشان‌دهنده قدرت ارتباطات اجتماعی در میان کاربران مرتبط است و معمولا بر

[1] behavior characterization
[2] behavior recognition
[3] behavior prediction
[4] Memory-based algorithms
[5] Model-based
[6] Limited Attention Collaborative Topic Regression
[7] Association rule-based
[8] Bayesian network
[9] Support Vector Machines
[10] Matrix Factorization
[11] Neural networks
[12] Deep-learning methods
[13] Singular Value Decomposition
[14] Principal Component Analysis
[15] Probabilistic Matrix Factorization
[16] Non-negative Matrix Factorization

اساس شباهت رتبه‌بندی می‌شوند [۴]. در روش CTR-smf[1] موئلفان، CTR[2] را با مدل‌های تجریه ماتریس اجتماعی یکپارچه کرده‌اند تا ارتباط اجتماعی بین کاربران را به حساب بیاورند. این روش به‌جای اینکه مستقیما بداند که کاربران چگونه به دوستانشان توجه می‌کنند از اثر هموفیلی[3] استفاده می‌کند [۱۴]. در روش RSboSN[4] محققان از الگوریتم خوشه‌بندی برای شناسایی گروه‌های دوستان استفاده می‌کنند. این روش از لحاظ دقت و فراخوانی بهتر از الگوریتم‌هایی نظیر SoRec[5] عمل می‌کند، که اثبات اثربخشی رویکرد مبتنی بر خوشه‌بندی می‌باشد [۱۵]. در [۱۶] محققین بر اساس نظریه گراف و با این دیدگاه که سلایق یک کاربر نزدیک به دوستان مورد اعتماد اوست اطلاعات دوستان هر کاربر را استخراج و توسط روش‌های مبتنی بر گراف، میزان نفوذ کاربران بر همسایگانش را محاسبه و از اطلاعات به‌دست آمده در الگوریتم RS پیشنهادی استفاده می‌نماید. در این روش محققان معتقدند با ترکیب کردن نفوذ توپولوژیکی با الگوریتم توصیه‌کننده تاثیر پیشنهادات بهتر می‌شود. همچنین در این مقاله علاوه بر نفوذ بین کاربران مرتبط، تأثیر تعاملات غیرمستقیم میان کاربران بررسی شده که می‌تواند عملکرد توصیه را بهبود بخشد [۱۶].

محققین در [۱۷] عنوان می‌کنند اگرچه امکان بهره‌برداری از اطلاعات شبکه اجتماعی برای توصیه‌ها از ظرفیت بالایی برخوردار است، اما با چالش‌های بزرگی روبرو است. اول، یافتن تعاملات اجتماعی در روابط اجتماعی دور پیچیده است و استخراج صحیح اطلاعات مفید برای توصیه‌ها دشوار است. دوم، انتخاب اطلاعات تاثیر گذار همسایگان، در صورت تعامل آنها با آیتم‌های مختلف کار پیچیده ای است. سرانجام، استخراج ترجیحات کاربر از تعاملات کاربر و آیتم‌ها، چالش برانگیز است. برای مقابله با چالش‌های فوق، پژوهشگران در این تحقیق، تاثیر تعاملات بین کاربران بر روی تصمیمات کاربر در شبکه‌های اجتماعی را با روش یادگیری عمیق بررسی کرده‌اند و یک چارچوب فیلترینگ مشترک عمیق بنام DSCF[6] پیشنهاد می‌دهد. امتیاز این روش در پیش‌بینی پذیرش یک آیتم توسط کاربر این است که نه تنها همسایگان مستقیم بلکه همسایگان دورتر را در محاسبات لحاظ می‌کند. روش PLIERS[7] (پیشنهاد آیتم بر اساس محبوبیت)، یک روش پیشنهاد آیتم مبتنی بر برچسب است که در آن آیتم‌ها به ترتیب سلایق کاربر به او پیشنهاد می‌شوند. در این روش فرض می‌شود محبوبیت یک آیتم یا موضوع مربوط به معنای آن است و هرچقدر یک برچسب عمومی‌تر باشد میزان استفاده از آن بیشتر است و هر چه یک برچسب خصوصی‌تر باشد عمومیت کمتری دارد. در این مورد روش PLIERS این مشکل بزرگ انتخاب بین آیتم‌های عمومی و غیرعمومی در شبکه را حل می‌کند و تضمین می‌کند که محبوبیت آیتم توصیه‌شده با آیتم مورد پذیرش کاربران قابل تطابق باشد. این روش در مقایسه با راه حل‌های دیگر مبتنی بر انتشار[8] دقت بیشتری دارد. در [۷] حجم پیام‌های منتقل شده بین کاربران در قالب یک گراف استخراج شده و نهایتا یک تنسور شامل کاربران، روابط و مدت زمان ارتباط با توجه به حجم پیام‌ها ایجاد می‌شود. در این مقاله از روش سلسه‌مراتبی، موفق به طبقه‌بندی روابط شده‌اند.

روش‌های فوق در ارائه یک سیستم توصیه‌گر هر چند موفقیت‌هایی را به همراه داشته، اما جنبه‌های روانشناسی و شناختی رفتار کاربر نادیده گرفته شده است. با توجه به اهمیت این فاکتورها، مقالاتی در این خصوص در حوزه علم روانشناسی رسانه اجتماعی مورد مطالعه قرار گرفت که در ادامه نتایج این مطالعات بیان شده است.

۳- بررسی فاکتورهای اجتماعی

رسانه‌های اجتماعی آنلاین نظیر فیسبوک، توییتر، اینستاگرام و ... بر اساس مدل‌سازی رفتار انسان در اجتماع ایجاد شده است بنابراین برای درک رفتار کاربران در رسانه‌های اجتماعی آنلاین، بررسی مسائل موجود در قلمرو روانشناسی اجتماعی حائز اهمیت می‌باشد. از دیدگاه روانشناسی اجتماعی، اصل مجاورت[9] اینگونه عنوان می‌کند که افرادی که بیشتر با یکدیگر روبرو می‌شوند، تمایل به ایجاد روابط قوی‌تر دارند. افزایش استفاده از ارتباطات مبتنی بر فناوری به افراد امکان می‌دهد بدون توجه به محدودیت‌های فاصله فیزیکی، با دیگران ارتباط برقرار کنند، اما به نظر می‌رسد که ارتباطاتی از این دست ارتباط افراد را افزایش می‌دهد؛ اما اغلب فقط بین کسانی که از قبل شرایط یکدیگر را می‌شناسند استفاده می‌شود [۱۹]. انسان‌ها جذب افرادی می‌شوند که ارزش‌ها و علایق مشابه علاقه خود را دارند [۲۰]. در مطالعات علوم اجتماعی و جامعه‌شناسی، قانون هموفیلی[10] بیان می‌کند که در شبکه‌های اجتماعی، افرادی که ویژگی‌های مشابه دارند نسبت به افرادی که با هم شباهت ندارند، تمایل بیشتری به ارتباط با یکدیگر دارند [۲۱]. افراد تمایل دارند با توجه به ویژگی‌های جسمی و ویژگی‌های جمعیت‌شناختی مانند سن، جنسیت و قومیت، با افرادی که شبیه خود هستند ارتباط برقرار کنند و با آنها پیوند برقرار کنند. همچنین افراد نزدیک اجتماعی ممکن است به ویژه در تغییرات توزیع شده درون‌زا در نحوه توزیع توجه خود (به عنوان مثال، در محیط) در طول زمان مشابه باشند [۲۲]. توانایی افراد برای مدیریت روابط اجتماعی محدود است و این محدودیت به وسیله ظرفیت مغز مشخص می‌شود. عدد دانبار عددی است که یکی از محدودیت‌های شناختی انسان را بیان می‌کند. این عدد که اولین بار توسط رابین دانبار مطرح

[1] Collaborative Topic Regression with Social Matrix Factorization
[2] Collaborative Topic Regression
[3] هموفیلی اشاره به تمایل اشخاص مشابه برای ارتباط با همدیگر دارد، و یک اصل سازمانی قدرتمند در شبکه های اجتماعی است.
[4] Recommender System based on Social Networks
[5] Social Recommendation Using Probabilistic Matrix Factorization
[6] Deep Social Collaborative Filtering
[7] Popularity-based Item Recommender System
[8] diffusion-based
[9] proximity principle
[10] Homophily

شـده اسـت بیشـینه شـمار افرادی که یک نفر می‌تواند با آن‌ها رابطه اجتماعی پایدار برقرار کند را مشـخص می‌کند. محققان معتقدند این عدد چیزی بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ اسـت، هرچند بر روی مقدار دقیق آن اجماعی وجود ندارد. منظور از رابطه اجتماعی پایدار روابطی اسـت که در آن فرد بداند طرف مقابلش کیست و چه رابطه‌ای با سایر افراد دارد [۲۳]. اگرچه باور بر این اسـت که رسـانه‌های اجتماعی آنلاین سـبب توسعه اندازه شبکه‌های اجتماعی و مجموعه افرادی که با هم در ارتباط هستند می‌شود، تحقیقات نشان می‌دهند که تعداد دوستانی که کاربران شـبکه‌های اجتماعی آنلاین با آنها در ارتباط هسـتند بسـیار نزدیک به شـبکه‌های اجتماعی در دنیای واقعی اسـت [۲۴، ۲۵]. با این حال، کاربران به ندرت توجه‌شان را به طور یکنواخت تقسیم می‌کنند. برخی دوسـتان ممکن اسـت سـهم بیشـتری از توجه یک کاربران را به دلیل آشنایی، اعتماد، نزدیکی اجتماعی یا تاثیر، دریافت کنند [۳].

رفتارهای رتبه‌بندی[1] کاربران لزوماً علایق ذاتی کاربران را نشان نمی‌دهد. در این پژوهش محققان پس از بررسی چندین سیستم شبکه‌های اجتماعی، ادعا می‌کنند که رفتارهای رتبه‌بندی کاربر عموماً تحت تأثیر دو عامل علاقه ذاتی کاربر و توجه عموم است. در حالی‌که علاقه ذاتی کاربر نسبتاً پایدار است اما توجه عموم در یک بازه زمانی خاص متاثر از اخبار روز بوده و متغیر می‌باشد. در این پژوهش محققین به بررسی تاثیر اخبار و توجه عموم در یک بازه زمانی به آیتم‌های مورد بازدید کاربر پرداخته‌اند [۲۶]. در [۱۱] پژوهشگران برای به دست آوردن بینش بیشتر در مورد ویژگی‌های مطلوب توصیه‌های اجتماعی، یک مطالعه بر روی ۳۸ کاربر (بازه سنی ۲۲ تا ۳۴ و ۷۹٪ مرد) انجام دادند که بازخورد مربوط به تعامل، انتظارات و نیازهای آن‌ها با تمرکز بر توصیه‌های دوستان آن‌ها در شبکه اجتماعی فیسبوک را ارائه می‌دهد. هدف این مطالعه، درک بهتر و به دست آوردن اطلاعات در مورد این است که کاربران وقت خود را در فیسبوک چگونه سپری می‌کنند، همچنین میزان استقبال کاربران از موارد سرگرمی (در حوزه فیلم و موسیقی) که توسط الگوریتم‌های پیشنهاددهنده ارائه شده است مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد با وجود هم-پوشانی بین علایق هر فرد با دوستانش، بهتر است محتوای جالب بر اساس توصیه دوستان فرد که ارتباط قوی با آنها دارد پیشنهاد شود نه بر اساس تعداد لایک و سرعت انتشار در شبکه‌های اجتماعی. بر این اساس محققان در این پژوهش با طراحی سیستمی، محتوای منتشر شده توسط دوستان کاربر (به عنوان مثال، پست‌ها ، پیوندها) را به دسته‌های مختلف (به عنوان مثال موسیقی و فیلم) تقسیم‌بندی کرده و سپس اطلاعاتی را برای اختصاص دادن آن محتوا به یک زیرمجموعه خاص‌تر (مثلا ژانرهای موسیقی فرعی) جمع‌آوری می‌کنند. سیستم هر متن همراه آن محتوا را تجزیه و تحلیل می‌کند تا احساسات مربوط به آن را شناسایی کرده و نظر مثبت یا منفی ابراز شده توسط ناشر محتوا را استنباط کند. بر اساس مشخصات علاقه کاربر و میزان شباهت با ناشر محتوا، امتیاز علاقه به محتوا تعیین می‌شود و بر این اساس محتوا به کاربر پیشنهاد می‌شود [۱۱]. بررسی فاکتورهای اجتماعی نشان می‌دهد حداقل بخشی از رفتار کاربران در رسانه‌های اجتماعی می‌تواند متاثر از عوامل همبستگی‌های اجتماعی باشد.

۴- روش تحقیق

در این بخش در نظر داریم با بررسـی رفتار رتبه‌بندی کاربران در شـبکه‌های اجتماعی، به بررسـی احتمال تاثیر روابط اجتماعی در رفتار رتبه‌بندی کاربران بپردازیم. در صـورت اثبات این موضـوع (تاثیر روابط اجتماعی در لایک یا کامنت پست‌های دوستان)، امکان سوگیری داده‌ها در الگوریتم‌های توصیه‌گر مورد بررسـی قرار خواهد گرفت. لذا در ادامه این مقاله روند کار به این شـکل تبیین می‌گردد که در بخش ۴-۱ مجموعه داده‌های مورد استفاده در این تحقیق توصیف می‌گردد سپس در بخش ۴-۲ تاثیر توجه محدود کاربران در پذیرش آیتم مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج و نمودارها به تفصیل شرح داده می‌شود.

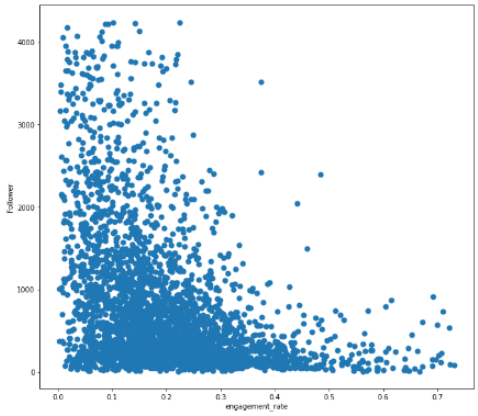
۴-۱- استخراج داده‌ها

با توجه به هدف این تحقیق و به منظور کاهش پیچیدگی‌ها، شـبکه اجتماعی انتخابی برای تحلیل داده‌ها، شـبکه اینسـتاگرام انتخاب شـده است که باز نشـر پسـت‌ها بسـیار محدود بوده و کاربران توجه خود را در قالب لایک و کامنت بر روی پسـت‌های دریافتی ابراز می‌کنند. به همین منظور از تعدادی از کاربران در شـبکه اجتماعی اینسـتاگرام درخواسـت شـده به ما اجازه دهند که با دنبال کردن ایشان، پسـت‌های آنها را مورد تحلیل قرار دهیم. البته در متن درخواسـت قید شـده که این تحقیق هیچ یک از اطلاعات محرمانه شما شامل محتوای پست‌ها و کامنت‌ها را نیاز نداشـته و صـرفا کنش‌های دنبال‌کنندگان را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. برای اسـتخراج داده‌ها از API ارائه شـده توسـط شـرکت متا به‌نام Instagram Graph API اسـتفاده شـده اسـت . در این پژوهش حدود سـه هزار حساب کاربری (شـناسـه حساب کاربری، تعداد پسـت، تعداد دنبال‌کننده، تعداد دوست، متن حساب کاربری، وضعیت عمومی یا خصـوصـی بودن حسـاب کاربری) شـرکت کرده‌اند. اطلاعات شـامل شناسه بیش از ۲۸ هزار پست منتشر شده توسط این افراد (شناسه هر پسـت، زمان انتشـار، تعداد لایک، تعداد کامنت، موقعیت مکانی پسـت ، شـناسـه لایک کنندگان) و بیش از سـه میلیون دنبال‌کننده این افراد (شـناسـه حسـاب کاربری) می‌باشـد که مربوط به فوریه سـال ۲۰۲۰ تا جولای ۲۰۲۱ می‌باشـد. در این تحقیق از اطلاعات خصـوصـی کاربران اسـتفاده نگردیده و صـرفا آمار مورد نیاز از هر پسـت بدون ذکر شـناسـه کاربر مورد استفاده قرار گرفته است.

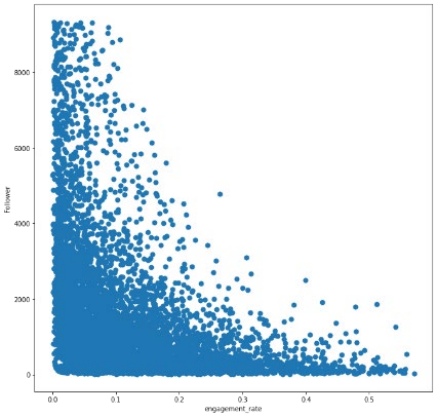
با توجه به رفتار متفاوت کاربران در مواجه با پست‌های مختلف، حساب‌های‌کاربری به دو گروه عمومی و خصوصی دسته بندی گردید و

[1] Rating

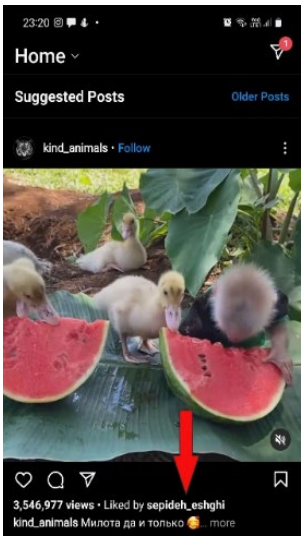
از نرخ مشارکت[1] به جای تعداد لایک به منظور نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شده است. شکل‌های (۱، ۲) ابعاد داده‌های استخراج شده را نشان می‌دهد که در این دو نمودار، حساب کاربری هر کاربر بر اساس تعداد دنبال‌کننده و میزان میانگین مشارکت (لایک) مشخص شده است.



شکل (۱): تعداد دنبال‌کننده به نرخ مشارکت (حساب خصوصی)



شکل (۲): تعداد دنبال‌کننده به نرخ مشارکت (حساب کاربری عمومی)



شکل (۳): نمونه‌ای از پست‌های پیشنهادی الگوریتم توصیه‌گر اینستاگرام

۴-۲- تجزیه و تحلیل داده‌ها

حال که ابعاد داده‌های استخراج شده مشخص شده است می‌توان به بررسی رفتار کاربران در مواجه با پست‌های مختلف در اینستاگرام پرداخت. یک کاربر فرضی X در زمان استفاده از اینستاگرام با سه گروه پست مواجه می‌شود. گروه اول پست‌هایی هستند که توسط دوستان و آشنایان فرد اخیرا منتشر شده است. این گروه از پست‌ها معمولا متعلق به حساب‌های کاربری خصوصی می‌باشد که توسط کاربر X فالو شده‌اند، گروه دوم پست‌هایی هستند که عموماً علایق کاربر را تشکیل می‌دهند و معمولا حساب‌های کاربری عمومی با تعداد دنبال‌کننده زیاد هستند؛ این حساب‌های‌کاربری نیز توسط کاربر X فالو شده‌اند. گروه سوم از پست‌هایی که کاربر در معرض آن قرار می‌گیرد پست‌هایی هستند که نتیجه خروجی الگوریتم‌های توصیه‌گر و بر اساس تلفیقی از علایق کاربر و علایق دوستان کاربر X می‌باشد. از آنجا که استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر فیلترینگ مشترک در شبکه‌های اجتماعی بسیار معمول است، طبیعی است که بخش زیادی از خروجی الگوریتم توصیه‌کننده آیتم، پست‌هایی باشد که توسط دوستان نزدیک کاربر X اتخاذ شده و با لایک یا کامنت مورد پذیرش آنها قرار گرفته است. شکل (۳) نمونه‌ای از این توصیه ها را نشان می‌دهد.

مسئله از آنجا آغاز می‌گردد که رابطه نزدیکی علایق کاربر X و Y (Y یکی از دنبال‌شوندگان[2] توسط X می‌باشد) از روی تعداد لایک و کامنتی نشات می‌گیرد که این دو کاربر روی پست‌های یکدیگر داشته‌اند و این موضوع سبب می‌شود الگوریتم توصیه‌کننده، آیتم‌های مورد علاقه کاربر Y را در لیست پیشنهادی به کاربر X قرار دهد. در این مقاله ادعا شده بخش زیادی از لایک پست‌های کاربر Y توسط کاربر X به دلیل روابط اجتماعی و نه علاقه به محتوای آیتم منتشر شده توسط Y بوده است. در حقیقت پذیرش پست منتشر شده در پیج کاربر Y توسط کاربر X ربطی به علایق کاربر X نداشته و صرفاً به دلیل وجود روابط اجتماعی بین X و Y بوده است. پیش‌بینی این موضوع که آیا یک کاربر یک پست را با لایک یا کامنت مورد پذیرش قرار می‌دهد یا خیر، به عوامل زیادی بستگی دارد که مهمترین آن علایق کاربر به پست منتشر شده می‌باشد. لذا پیش‌بینی پذیرش یک آیتم توسط کاربر نیاز به اطلاعات بسیاری دارد که حداقل آن لیست موضوعات مورد علایق کاربر و همخوانی محتوای پست با این لیست دارد. در ادامه سعی شده با نشان دادن پیش‌بینی پذیر بودن رفتار کاربران در قبال پست‌های منتشر شده توسط دوستان (بدون هر گونه اطلاعاتی از علایق کاربر و محتوای پست)، نشان دهیم رفتار کاربران در قبال دوستان نشات گرفته از روابط اجتماعی و نه علایق آنها است. لذا رفتار دنبال‌کننده‌های هر حساب‌کاربری در مواجه با پست‌های منتشر شده آن حساب کاربری مورد بررسی قرار گرفته و میزان پیش‌بینی پذیر بودن این رفتار در دو گروه از حساب‌های کاربری عمومی و خصوصی بدون اطلاع از محتوای پیام بررسی شده است. برای این منظور لایک کنندگان حدود ۲۸ هزار پست که توسط حدود ۳ هزار

[1] Engagement Rate

[2] Following

کاربر در شبکه اینستاگرام منتشر شده، (حدود ۳ میلیون رکورد) استخراج شده و توسط دو الگوریتم توصیه‌گر Baseline و SVD در دو گروه پست‌های منتشر شده در صفحات عمومی و خصوصی بررسی گردیده است. برای این منظور، دو الگوریتم‌های Baseline و SVD دو بار و با دو داده ورودی متفاوت که در جداول (۱، ۲) نشان داده شده است مورد ارزیابی قرار گرفته اند. در اجرای اول، داده ورودی شامل مشخصه‌ای از شناسه پست می‌باشد، اما مشخص نیست که محتوای منتشر شده متعلق به چه کسی است (جدول ۱). در اجرای دوم مشخصه کاربر جایگزین مشخصه پست شده است (جدول ۲). نتیجه پیش‌بینی تعداد لایک پست آخر کاربران خصوصی و عمومی توسط الگوریتم توصیه‌گر SVD با دو ورودی مجزای جداول (۱، ۲)، در شکل های (۴-۷) نشان داده شده است.

مقایسه شکل (۴) با شکل (۵) نشان می‌دهد که پیش‌بینی پذیرش یک پست در حساب‌های کاربری خصوصی با داده‌های جدول (۲) که حاوی اطلاعات صاحب پست می‌باشد با دقت بیشتری امکان پذیر است. این مقایسه با توجه به محاسبه میزان خطای RMSE در جدول (۳) بیشتر نمایان است؛ در الگوریتم SVD میزان این خطا از ۳۸.۹۴ به ۲۴.۵۲ کاهش پیدا کرده است. استنباط ما چنین است که پذیرش پست‌های دوستان در شبکه‌های مجازی بدون در نظر گرفتن علاقه ذاتی به محتوای پست، صورت می‌گیرد و کاربران محتوای منتشر شده توسط دوستان و آشنایان خود را (پست‌های موجود در حساب‌های‌کاربری خصوصی) بدون در نظر گرفتن محتوای پیام، پذیرش می‌کنند. اما با تغییر گروه حساب کاربری از خصوصی به عمومی و با وجود استراتژی یکسان و استفاده از داده‌های جدول (۲)، میزان خطای پیش‌بینی پذیری نه تنها بهتر نشده بلکه افزایش یافته است این موضوع در مقایسه شکل (۶) با شکل (۷) مشخص است. در جدول (۳) مقادیر میزان خطای پیش‌بینی RMSE آورده شده است. همانطورکه از داده‌های این جدول مشخص است، در حساب‌های کاربری خصوصی با تغییر داده‌ها و استفاده از مشخصه کاربر به جای مشخصه آیتم و بدون اطلاع از سلایق کاربر و یا محتوای منتشر شده، میزان دقت پیش‌بینی افزایش می‌یابد. اما در پست‌های منتشر شده در حساب‌های‌کاربری عمومی این موضوع متفاوت است و با تغییر داده‌ها و استفاده از مشخصه ثابت کاربر به جای مشخصه متغیر آیتم، دقت پیش‌بینی‌ها کاهش می‌یابد.

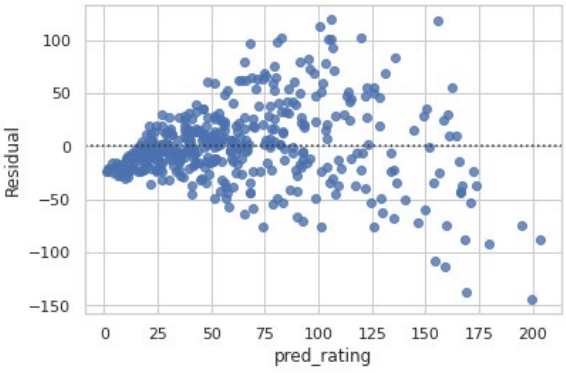
همانطور که قبلا گفته شد مغز انسان دارای ظرفیت محدود برای ایجاد روابط اجتماعی پایدار است و افزایش تعداد دنبال‌کننده‌ها در شبکه‌های اجتماعی نشان دهنده از بین رفتن این محدودیت نیست. شکل (۸) نشان می‌دهد با افزایش تعداد دنبال‌کننده‌های یک پیج خصوصی قابلیت پیش‌بینی، پذیرش پست توسط دنبال کنندگان کاهش می‌یابد که دلیل این موضوع، کاهش روابط پایدار با افزایش تعداد دنبال‌کننده‌ها می‌باشد. این موضوع در تحقیقاتی با موضوع محدودیت شناختی بر اساس تعداد دوستان [۲۷] و ظرفیت محدود مغز برای مدیریت روابط اجتماعی [۲۸] مورد مطالعه قرار گرفته است.

جدول (۱): داده‌ها شامل مشخصه پست، مشخصه دنبال‌کننده و پذیرش یا عدم پذیرش پست

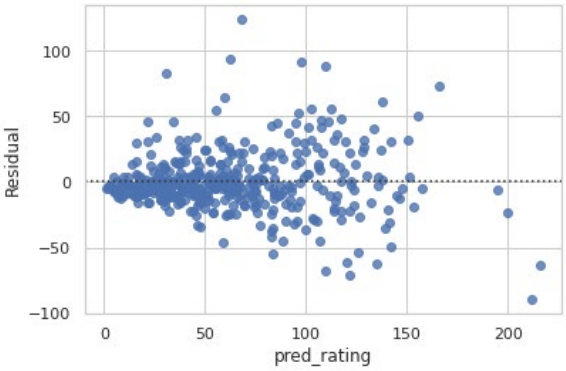
MediaId	FollowerId	Rating
53894	20325	1.0
53892	1249095	0.0
53892	9826734	1.0
53890	32107490	1.0
53890	33959167	0.0

جدول (۲): داده‌ها شامل شناسه کاربر پست گذارنده ، شناسه دنبال‌کننده و پذیرش یا عدم پذیرش پست

UserId	FollowerId	Rating
75351	20325	1.0
75351	1249095	0.0
75351	9826734	1.0
75351	32107490	1.0
75351	33959167	0.0

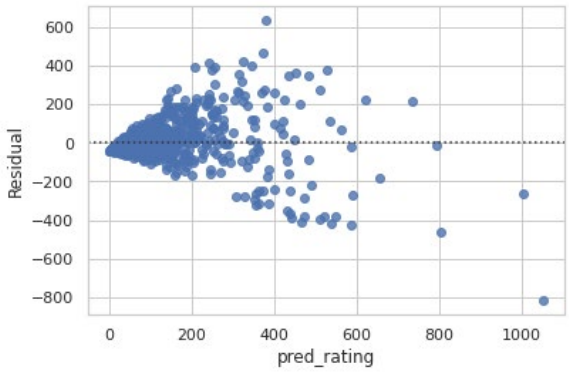


شکل (۴): نمودار residplot[۱] با مقادیر پیش‌بینی تعداد لایک و مقادیر باقیمانده با الگوریتم SVD در حساب‌کاربری خصوصی با ورودی جدول (۱)

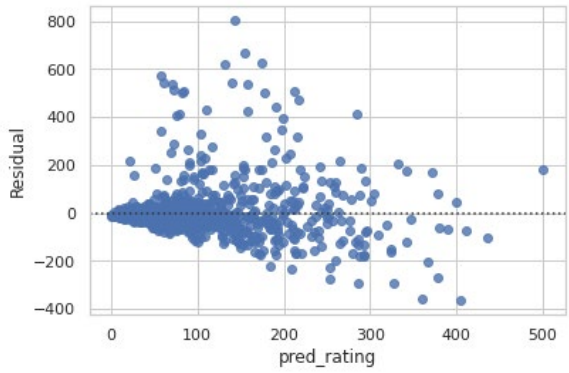


شکل (۵): نمودار residplot با مقادیر پیش‌بینی تعداد لایک و مقادیر باقیمانده با الگوریتم SVD در حساب کاربری خصوصی با ورودی جدول (۲)

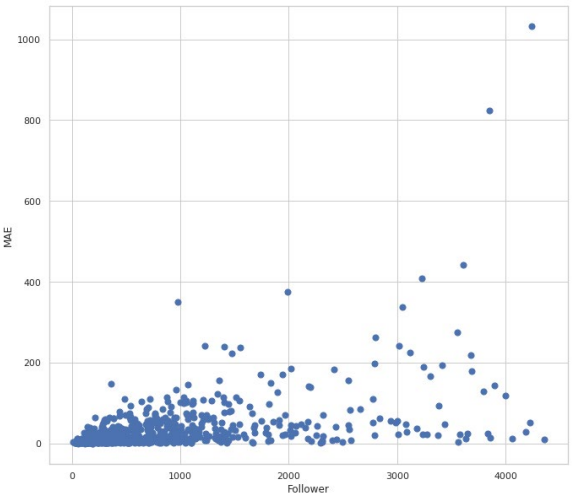
[۱] residplot - نموداری از باقیمانده‌ها را نشان می‌دهد که تفاوت بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل رگرسیون است.



شکل (۶): نمودار residplot با مقادیر پیش‌بینی تعداد لایک و مقادیر باقیمانده با الگوریتم SVD در حساب‌کاربری عمومی با ورودی جدول (۱)



شکل (۷): نمودار residplot با مقادیر پیش‌بینی تعداد لایک و مقادیر باقیمانده با الگوریتم SVD در حساب‌کاربری عمومی با ورودی جدول (۲)



شکل (۸): نسبت خطای MAE[1] به تعداد دنبال‌کننده‌های پیج که نشان‌دهنده دقت پیش‌بینی الگوریتم SVD با داده ورودی جدول (۲) می‌باشد و مشخص می‌کند دقت پیش‌بینی پذیرش یک آیتم با افزایش تعداد دنبال‌کننده کاهش می‌یابد.

جدول (۳): محاسبه میزان خطای پیش‌بینی با دو ورودی جداول (۱، ۲) توسط الگوریتم SVD در دو گروه حساب‌کاربری خصوصی و عمومی

Subject	Input Data Fields	Accounts Type	RMSE Value
SVD algorithm	Table 1	private	38.94
SVD algorithm	Table 2	private	24.52
SVD algorithm	Table 1	public	104.51
SVD algorithm	Table 2	public	112.40

۵- نتیجه‌گیری

با افزایش ضریب نفوذ رسانه‌های اجتماعی آنلاین در بین جوامع که سبب شده تقریباً تمامی اطرافیان نزدیک فرد در شبکه اجتماعی به عنوان یکی از دنبال‌کنندگان او حضور داشته باشند و همچنین محدودیت‌هایی همچون مشغله‌کاری که سبب شده افراد در دنیای واقعی کمتر یکدیگر را ملاقات کنند، شاهد برخی رفتارها در شبکه اجتماعی می‌باشیم که بیشتر جنبه روانشناختی دارد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد رفتار کاربران در قبال پست‌های منتشر شده توسط دوستان و آشنایان که معمولاً به شکل حساب‌های کاربری خصوصی می‌باشد با دقت نسبتاً بالایی (بیش از ۷۵ درصد) قابل پیش‌بینی است. این موضوع نشان می‌دهد که رفتارهای رتبه‌بندی کاربران در صفحه‌های خصوصی که متعلق به دوستان و آشنایان کاربر می‌باشد، لزوماً علایق ذاتی کاربران را نشان نمی‌دهد؛ که دلیل این امر همین قابل پیش‌بینی بودن پذیرش یک پست بدون اطلاع از محتوای آیتم می‌باشد. اما در حساب‌های کاربری عمومی پیش‌بینی پذیرش یک آیتم بدون اطلاع از محتوای آیتم تقریباً ممکن نمی‌باشد که این موضوع نشان می‌دهد کاربران در حساب‌های کاربری عمومی پذیرش و رتبه‌بندی یک پست را بیشتر بر اساس علایق خود انجام می‌دهند. بنابراین، حداقل بخشی از فرایند پذیرش یک آیتم توسط کاربر در رسانه‌های اجتماعی به ارتباط عاطفی کاربر با فرد انتشاردهنده آیتم وابسته است. این موضوع نشان می‌دهد استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر فیلترینگ مشترک که علایق دوستان کاربر را به عنوان توصیه در لیست پیشنهادی به کاربر نشان می‌دهد ممکن است به دلیل سوگیری داده‌های علایق کاربر با خطای قابل توجهی همراه باشد. ما اعتقاد داریم در کنش بین یک کاربر با دوستان نزدیک در رسانه‌های اجتماعی آنلاین در بسیاری از موارد، پذیرش یک آیتم در شبکه مجازی به دلیل روابط عاطفی و اجتماعی بین افراد است و نمی‌بایست موضوع این آیتم‌ها را به عنوان علایق کاربر تعبیر کرد. این در حالی است که بسیاری از روش‌های موجود، پذیرش یک آیتم توسط کاربر را مبنایی برای استخراج علایق کاربر لحاظ می‌کنند و الگوریتم‌های مبتنی بر فیلترینگ مشترک (CF) که عمدتاً برای توصیه آیتم استفاده می‌شوند، آیتم‌هایی را پیشنهاد می‌دهند که با آیتمی که به دلیل رابطه اجتماعی با صاحب آن پست پذیرش شده، رابطه دارد.

[1] Mean Absolute Error

مراجع

[1] M. Yang, S. Zhang, H. Zhang, and J. Xia, “A new user behavior evaluation method in online social network,” *J. Inf. Secur. Appl.*, vol. 47, pp. 217–222, 2019.

[2] M. G. Campana and F. Delmastro, “Recommender systems for online and mobile social networks: A survey,” *Online Soc. Netw. Media*, vol. 3–4, pp. 75–97, 2017.

[3] J.-H. Kang and K. Lerman, “LA-CTR: A limited attention collaborative topic regression for social media,” *arXiv [cs.IR]*, 2013.

[4] C. C. Aggarwal, *Recommender Systems: The Textbook*, 1st ed. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2016.

[5] F. C. T. Chua, H. W. Lauw, and E.-P. Lim, “Generative models for item adoptions using social correlation,” *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 25, no. 9, pp. 2036–2048, 2013.

[6] N. D. Rodríguez, M. P. Cuéllar, J. Lilius, and M. D. Calvo-Flores, “A survey on ontologies for human behavior recognition,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 46, no. 4, pp. 1–33, 2014.

[7] B. L. Bianca, “The user behavior analysis based on text messages using parafac and block term decomposition,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 9, no. 10, 2018.

[8] N. O. Hodas and K. Lerman, “How visibility and divided attention constrain social contagion,” *arXiv [physics.soc-ph]*, 2012.

[9] R. I. M. Dunbar and S. Shultz, “Evolution in the social brain,” *Science*, vol. 317, no. 5843, pp. 1344–1347, 2007.

[10] G. Buscher, E. Cutrell, and M. R. Morris, “What do you see when you’re surfing?: Using eye tracking to predict salient regions of web pages,” in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2009.

[11] M. Aivazoglou *et al.*, “A fine-grained social network recommender system,” *Soc. Netw. Anal. Min.*, vol. 10, no. 1, 2020.

[12] D. Agarwal and B.-C. Chen, “fLDA: Matrix factorization through latent dirichlet allocation,” in *Proceedings of the Third ACM International Conference on Web Search and Data Mining - WSDM ’10*, 2010.

[13] D. Bokde, S. Girase, and D. Mukhopadhyay, “Matrix factorization model in collaborative filtering algorithms: A survey,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 49, pp. 136–146, 2015.

[14] S. Purushotham, Y. Liu, and C.-C. J. Kuo, “Collaborative topic regression with social matrix factorization for recommendation systems,” *arXiv [cs.IR]*, 2012.

[15] Z. Sun *et al.*, “Recommender systems based on social networks,” *J. Syst. Softw.*, vol. 99, pp. 109–119, 2015.

[16] Z. Li, F. Xiong, X. Wang, Z. Guan, and H. Chen, “Mining heterogeneous influence and indirect trust for recommendation,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 21282–21290, 2020.

[17] W. Fan, Y. Ma, D. Yin, J. Wang, J. Tang, and Q. Li, “Deep social collaborative filtering,” in *Proceedings of the 13th ACM Conference on Recommender Systems*, 2019.

[18] V. Arnaboldi, M. G. Campana, F. Delmastro, and E. Pagani, “PLIERS: A popularity-based recommender system for content dissemination in online social networks,” *arXiv [cs.IR]*, 2023.

[19] T. M. Newcomb, “Varieties of interpersonal attraction,” in *Group dynamics: Research and theory*, D. Cartwright and A. Zander, Eds. 1960, pp. 104–119.

[20] G. L. Clore and D. Byrne, “A reinforcement-affect model of attraction,” in *Foundations of Interpersonal Attraction*, Elsevier, 1974, pp. 143–170.

[21] M. McPherson, L. Smith-Lovin, and J. M. Cook, “Birds of a feather: Homophily in social networks,” *Annu. Rev. Sociol.*, vol. 27, no. 1, pp. 415–444, 2001.

[22] R. Hyon, A. M. Kleinbaum, and C. Parkinson, “Social network proximity predicts similar trajectories of psychological states: Evidence from multi-voxel spatiotemporal dynamics,” *Neuroimage*, vol. 216, no. 116492, p. 116492, 2020.

[23] R. I. M. Dunbar, “Neocortex size as a constraint on group size in primates,” *J. Hum. Evol.*, vol. 22, no. 6, pp. 469–493, 1992.

[24] B. Gonçalves, N. Perra, and A. Vespignani, “Modeling users’ activity on twitter networks: Validation of dunbar’s number,” *PLoS One*, vol. 6, no. 8, p. e22656, 2011.

[25] R. I. M. Dunbar, “Do online social media cut through the constraints that limit the size of offline social networks?,” *R. Soc. Open Sci.*, vol. 3, no. 1, p. 150292, 2016.

[26] H. Yin, B. Cui, L. Chen, Z. Hu, and Z. Huang, “A temporal context-aware model for user behavior modeling in social media systems,” in *Proceedings of the 2014 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 2014.

[27] N. O. Hodas and K. Lerman, “How visibility and divided attention constrain social contagion,” in *2012 International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust and 2012 International Confernece on Social Computing*, 2012.

[28] R. I. M. Dunbar and S. Shultz, “Understanding primate brain evolution,” *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, vol. 362, no. 1480, pp. 649–658, 2007.

COPYRIGHTS

©2024 by the authors. Published by the Islamic Azad University Shiraz Branch. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0