سال سیزدهم، شماره‌های۴۹و۵۰، پاییز و زمستان ۱۴۰۰
صص: ۱۵۱_۱۷۲

دو فصلنامه علمی
فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران

# توصیه کاربر در پیام‌رسان تلگرام با تحلیل گراف و مدل‌سازی ریاضی رفتار کاربران

**داود کریم‌پور*  محمدعلی زارع چاهوکی**  علی هاشمی*****

*دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه یزد

**استادیار دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه یزد

***دانشجوی دکتری مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه یزد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۹  تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۰۵

نوع مقاله: پژوهشی

## چکیده

سامانه‌های توصیه‌گر به‌منظور کاهش تولید و پردازش پرس‌وجو به‌وجود آمده‌اند. توصیه کاربران در شبکه‌های اجتماعی و پیام‌رسان‌ها برای کاربران عادی در یافتن دوست و برای بازاریابان جهت یافتن مشتریانی جدید، بسیار مفید است. در شبکه‌های اجتماعی مانند فیس‌بوک، یافتن کاربران هدف برای بازاریابی پیش‌بینی شده است؛ اما در پیام‌رسان‌هایی همچون تلگرام امکانی جهت یافتن جامعه هدف وجود ندارد. در این مقاله با استفاده از گراف و مدل‌سازی رفتار کاربران و همچنین تعریف ویژگی‌هایی مرتبط با گروه‌ها، روشی جهت توصیه کاربران تلگرام، ارائه شده است. روش پیشنهادی دربردارنده هشت گام است و هر یک از گام‌ها، می‌توانند روشی جهت توصیه کاربر درنظر گرفته شوند. مهاجرت، روشی جدید جهت مدل‌سازی علایق کاربران، براساس سوابق عضویت آنان در گروه‌ها است. داده‌های این پژوهش، مجموعه داده‌ای واقعی شامل بیش از ۹۰۰،۰۰۰ سوپرگروه و ۱۲۰میلیون کاربر تلگرامی است. نتایج ارزیابی روش پیشنهادی بر روی ۱۰۰گروه باکیفیت، حاکی از مؤثر بودن توصیه‌هایی برگرفته از سوابق کاربران و مدل‌سازی رفتار آنان نسبت به‌صرف استفاده از این اطلاعات است. رویکرد پیشنهادی با ارائه گام‌هایی در ادامه روش گروه‌های مشابه که جهت توصیه گروه در تلگرام ارائه شده بود، توانسته میانگین خطای $RMSE$ را از ۰،۸۷ به ۰،۷۹ و میانگین خطای $MAE$ را از ۰،۷۷ به ۰،۶۴ کاهش دهد.

**واژگان کلیدی:** سامانه‌های توصیه‌گر، پیام‌رسان تلگرام، تحلیل گراف، رفتار کاربران.

## ۱. مقدمه

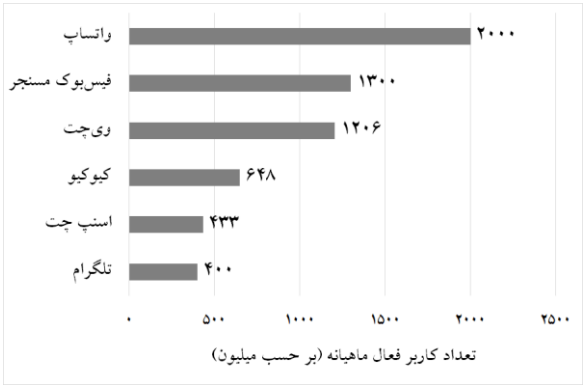
امروزه شبکه‌های اجتماعی و پیام‌رسان‌ها علاوه بر استفاده عمومی کاربران، موردتوجه بسیاری از بازاریابان و شرکت‌ها قرارگرفته‌اند. تفاوت شبکه اجتماعی و پیام‌رسان را می‌توان در نحوه و میزان ارائه خدمات آنان بیان نمود. کاربران در پیام‌رسان‌ها با تعداد محدودی از مخاطبین در ارتباط هستند؛ اما در شبکه‌های اجتماعی، مخاطب کاربران عام است و می‌توانند با بسیاری از کاربران در ارتباط باشند. به‌عنوان‌مثال در شبکه اجتماعی فیس‌بوک[۱] جامعه ارتباطی کاربران گسترده و در پیام‌رسان‌هایی همچون تلگرام[۲] و واتساپ[۳] جامعه ارتباطی آنان محدود است. نرم‌افزارهای پیام‌رسان به‌طور رسمی با پیام‌رسان فوری[۴] شناخته می‌شوند. پیام‌رسان فوری به گفتگوی برخط دو یا چند کاربر به‌صورت متنی گفته می‌شود. متن‌های کاربران در این محیط‌ها با استفاده از اینترنت و یا سایر شبکه‌ها به‌صورت

نویسنده مسئول: محمدعلی زارع چاهوکی chahooki@yazd.ac.ir

[۱] Facebook
[۲] Telegram
[۳] WhatsApp
[۴] Instant messenger (IM)

بلادرنگ منتقل می‌شود. پیام‌رسان‌های فوری سرویس‌های متنوعی ازجمله ارسال متن در زمان واقعی[۱]، تماس صوتی و تصویری، چت مخفی[۲] و ارسال فایل را در اختیار کاربران قرار می‌دهند.

تلگرام یک برنامه پیام‌رسان فوری مبتنی بر رایانش ابری است که بیش از ۴۰۰ میلیون کاربر فعال ماهیانه دارد [۱]. این پیام‌رسان یکی از محبوب‌ترین برنامه‌های پیام‌رسانی در ایران است. چراکه که بیش از ۵۰ میلیون کاربر تلگرام، ایرانی هستند [۲]. با توجه به شکل ۱، تلگرام در اکتبر ۲۰۲۰ در رتبه ششم محبوب‌ترین پیام‌رسان‌های جهانی قرارگرفته است. این پیام‌رسان علاوه بر امکانات پیام‌رسانی ساده، امکانات فراتری ازجمله ایجاد گروه، کانال، ربات و ارسال پیام صوتی را ارائه می‌دهد.




**شکل ۱. محبوب‌ترین برنامه‌های پیام‌رسان تلفن همراه جهانی در اکتبر ۲۰۲۰، بر اساس تعداد کاربران فعال ماهیانه [۳].**

گروه‌ها، قابلیتی جهت بحث و تبادل‌نظر کاربران حول موضوعی واحد هستند. کانال‌ها، کاربردی یک‌طرفه دارند و اعضای کانال تنها بیننده پیام‌ها هستند و نمی‌توانند همانند گروه پیام ارسال نمایند. بسیاری از شرکت‌ها یک گروه جهت پشتیبانی و یک کانال برای معرفی محصولاتشان دارند. همچنین بسیاری از خبرگزاری‌ها برای انتشار اخبار از کانال استفاده می‌نمایند.

موتور جستجوی تلگرام، به‌صورت جستجوی سراسری[۳] است؛ به‌طوری‌که یافتن کاربر، گروه و کانال را در یک بخش ارائه می‌دهد. یافتن کاربر، تنها با داشتن آی‌دی[۴] دقیق او امکان‌پذیر است و تلگرام قادر به یافتن کاربران بدون آی‌دی نیست. همچنین یافتن گروه و کانالی خاص، تنها با داشتن نام دقیق آنان امکان‌پذیر است. در غیر این صورت، می‌توان کلمات دلخواهی که به دنبال گروه یا کانال مرتبط با آن هستیم در بخش جستجو وارد نماییم. نتایج جستجو بسیار محدود است و این پیام‌رسان قادر به ارائه تمامی نتایج مرتبط نیست. موتور جستجوی تلگرام بر روی گروه‌ها و کانال‌ها هیچ‌گونه تحلیلی انجام نمی‌دهد. به دلیل وجود این نیاز گسترده، سامانه ایده‌کاو[۵] به‌عنوان یک برنامه شخص ثالثی ایجاد شده است. در این سامانه، با جستجوی کلمات موردنظر، می‌توان گروه‌ها و کانال‌های بسیاری را در تلگرام یافت. معماری سامانه ایده‌کاو در بخش ۱,۴ مورد بررسی قرار گرفته است.

ویژگی بسیار پرکاربرد در اکثر شبکه‌های اجتماعی، یافتن کاربران است. افزودن این ویژگی در تلگرام بسیار ارزشمند برای کاربران جهت یافتن دوست و برای بازاریابان جهت یافتن مشتریانی، مشابه با مشتریان قدیمی‌شان است. بازاریابی در شبکه‌های اجتماعی و پیام‌رسان‌ها به شیوه‌های متفاوتی انجام می‌شود. میلانی و زنوزی [۴] تأثیر استفاده از انواع روش‌های بازاریابی در شبکه‌های اجتماعی را مورد بررسی قرار داده‌اند. یافتن مجموعه کاربرانی هدفمند جهت ارسال تبلیغ، از گذشته موردتوجه بازاریابان بوده است. چراکه در صورت ارسال تبلیغ به افرادی که هیچ علاقه‌ای به آن ندارند، موجب نارضایتی آنان می‌شود. این نارضایتی در پیام‌رسان‌ها موجب می‌شود تا کاربران پس از دریافت پیامی نامرتبط، کاربر ارسال‌کننده را متخلف و پیام او را به‌عنوان هرزنامه گزارش کنند. فتحیان و حضرتقلی‌زاده [۵] روشی جهت دسته‌بندی پیام‌های تبلیغاتی، متناسب با پروفایل کاربران ارائه دادند. بهترین روش جهت مدل‌سازی و یافتن کاربران، استفاده از سامانه‌های توصیه‌گر است. سامانه‌های توصیه‌گر در سایت‌های تجاری، جهت توصیه اقلام و در شبکه‌های اجتماعی جهت توصیه دوست، کارایی دارند. مهم‌ترین هدف در این سامانه‌ها، جذب مشتریان و جلب اعتماد آنان به‌وسیله ارائه بهترین توصیه‌ها، مطابق با علایقشان است [۶].

در سامانه‌های توصیه کاربر، مرتبط بودن کاربران پیشنهادی با علاقه کاربر هدف بسیار با اهمیت است؛ چراکه در صورت توصیه کاربرانی نامرتبط به یک کاربر، باعث نارضایتی او و نادیده گرفتن دیگر موارد توصیه‌شده می‌شود. هرچقدر عدم قطعیت در توصیه‌ها کاهش یابد توصیه‌گر دارای خطای کمتری در پیش‌بینی است [۷]. در این پژوهش با افزودن گام‌هایی در ادامه روش مقاله [۸] و با در نظر گرفتن دو موضوع مهم مدل‌سازی رفتار کاربران و کیفیت توصیه‌ها، خطای توصیه‌های ارائه شده تا حد امکان کاهش یافته است.

علاوه بر دقت بالا و خطای کم پیش‌بینی، کیفیت توصیه‌ها در سامانه‌های توصیه‌گر نیز بسیار مهم هستند. اینکه توصیه‌گر قادر باشد کیفیت کاربران توصیه شده را تضمین نماید از مسائل بسیار مهمی است که برای بازاریابان جهت یافتن مشتریانی با کیفیت اهمیت دارد. در این پژوهش، برای اولین‌بار کیفیت کاربران بر اساس مقادیر عددی استخراج‌شده از گروه‌هایشان تجزیه‌وتحلیل شده است. روش پیشنهادی با ارائه سه پارامتر متفاوت توانسته است کیفیت کاربران پیشنهادی توسط توصیه‌گر را تضمین نماید.

---

[۱] Real-time text
[۲] Secret chat
[۳] Global Search
[۴] @ Id
[۵] idekav.com/

توصیه‌گر ارائه‌شده در این مقاله متفاوت از بسیاری سامانه‌های توصیه‌گر معمول است. در شبکه‌های اجتماعی بسیاری از سامانه‌های توصیه‌گر با در نظر گرفتن اطلاعات و علایق یک کاربر، مجموعه‌ای کاربر به او توصیه می‌نمایند. درحالی‌که این پژوهش قادر است بدون هیچ‌گونه محدودیتی در دریافت کاربر، اطلاعات چندین کاربر را دریافت و مجموعه‌ای کاربر مشابه با آنان را توصیه نماید. درواقع اینجا این مسئله مطرح می‌شود که چگونه کاربرانی با علایق متفاوت را تحلیل نماییم؟

در این پژوهش ما با به‌دست آوردن متغیرهایی عددی از گروه‌های تلگرام فرمولی ریاضی جهت توصیه کاربر ارائه داده‌ایم. این فرمول با بررسی گروه‌های کاربران و تحلیل مهاجرت گروه‌هایشان به‌وسیله گراف، اشتراک علایق کاربران ورودی را به‌صورت یکجا تحلیل می‌نماید. گراف استفاده‌شده در این مقاله گرافی ناهمگون است که کاربران را از طریق عضویت در گروه‌ها به یکدیگر متصل می‌نماید.

در این مقاله سعی شده تا نتیجه به‌دست‌آمده در مقاله [۸] بهبود داده شود. آنچه موجب متمایز شدن روش پیشنهادی در این مقاله شده است، در نظر گرفتن وضعیت متفاوت کاربران در هر گروه است. این پژوهش کاربران ورودی را همانند مقاله [۸] به یک دید نمی‌نگرد و کاربران را از سه جهت (ادمین، جاری و سابق) بررسی می‌نماید. در نظر گرفتن وضعیت‌های متفاوت برای هر کاربر، موجب مدل‌سازی بهتر کاربران و به‌موجب آن کاهش خطای پیش‌بینی گردیده است. رفتار کاربران در این پژوهش به‌وسیله عضویتشان در گروه‌ها و مهاجرت به گروه‌های دیگر مدل‌سازی شده است. مهاجرت کاربران در بین گروه‌ها با حداکثر کاربران مهاجرت کرده تحلیل شده است؛ چراکه در نظر گرفتن تغییر علایق اشتراکی کاربران نسبت به ترک یک گروه و حضور در گروهی دیگر بسیار مهم است. در این مقاله با توجه به مدل‌سازی مهاجرت بین گروهی کاربران، رفتار توصیه‌گر بر اساس اطلاعات استخراج‌شده از رفتار کاربران تغییر می‌کند.

به‌طورکلی هدف از ارائه این سامانه توصیه‌گر ایجاد روشی جامع و مبتنی بر گراف، جهت توصیه کاربرانی مشابه با کاربران ورودی توصیه‌گر است. از مزایای این پژوهش می‌توان به عمومیت آن اشاره نمود. روش پیشنهادی، محدود به پیام‌رسان تلگرام نمی‌شود و می‌توان آن را بر روی پیام‌رسان‌هایی که قابلیت ایجاد گروه توسط کاربران را در بر دارند و همچنین رابط برنامه‌نویسی[۱] آنان در دسترس است، پیاده‌سازی و بررسی نمود. داده‌های مورداستفاده شامل بیش از ۹۰۰ هزار سوپرگروه و ۱۲۰ میلیون کاربر در پیام‌رسان تلگرام است. ارزیابی روش پیشنهادی بر روی ۱۰۰ گروه باکیفیت انجام شده است. خطای پیش‌بینی، با تقسیم‌بندی داده‌ها به دو قسمت آموزش[۲] و آزمون[۳] و به‌وسیله دو خطای جذر میانگین مربع‌ها[۴] و میانگین قدرمطلق‌ها[۵] مورد بررسی قرار گرفته است.

نوآوری این پژوهش در ارائه روشی طی گام‌هایی جهت تکمیل و توسعه مقاله [۸] است. خروجی هر گام، فهرستی از گروه‌های رتبه‌بندی شده است که به ورودی گام بعدی وارد می‌شود. درواقع هر گام با افزودن پارامتری جدید، سعی در رفع نواقص گام قبل را دارد. جهت توصیه کاربر در هر گام، با توجه به فهرست گروه‌های رتبه‌بندی شده، اعضای گروه‌ها به ترتیب فهرست تا رسیدن به تعداد کاربر موردنظر با یکدیگر ادغام می‌شوند. انگیزه ما از ارائه هر گام، بهبود رتبه‌بندی گروه‌ها با درنظر گرفتن اطلاعاتی جدید از گروه‌های کاربران ورودی به‌همراه رفع نواقص موجود در دیگر گام‌ها می‌باشد. به‌طور خلاصه گام‌های روش پیشنهادی عبارتند از:

- ایجاد روشی جهت بررسی مهاجرت بین گروهی کاربران و جایگزینی هر گروه با مهاجرتش در گروه‌های به‌دست‌آمده از روش مقاله [۸] (انگیزه: تمایز در وضعیت متفاوت کاربران در هر گروه و مدل‌سازی رفتار بین گروهی آنان)
- استخراج گروه‌های کاربران ادمین ورودی توصیه‌گر و جایگزینی با مهاجرتشان و همچنین ادغام گروه‌های جدید با گروه‌های گام قبل و اولویت دادن به رتبه‌بندی گروه‌های جدید (انگیزه: مدل‌سازی رفتار کاربران ادمین ورودی)
- رتبه‌بندی گروه‌ها بر اساس درصد اشتراک با کاربران ورودی (انگیزه: رفع مشکل رتبه‌بندی گروه‌های با تعداد عضو زیاد)
- بهبود درصد اشتراک هر گروه از طریق ضرب نمودن درصد اشتراک در لگاریتم تعداد اعضای هر گروه (انگیزه: رفع مشکل عدم تناسب در عدد صورت و مخرج کسر حاصل از گام قبل و بهبود رتبه‌بندی گروه‌های با تعداد عضو کم)
- رتبه‌بندی گروه‌ها بر اساس درصد کاربر جاری زیاد (انگیزه: تضمین کیفیت با رتبه‌بندی حداکثر کاربران جاری هر گروه)
- رتبه‌بندی گروه‌ها بر اساس درصد کاربر ادمین کم (انگیزه: تضمین کیفیت با رتبه‌بندی حداقل کاربران ادمین هر گروه)
- رتبه‌بندی گروه‌ها بر اساس درصد کاربر سابق کم (انگیزه: تضمین کیفیت با رتبه‌بندی حداقل کاربران سابق هر گروه)

ادامه مقاله به شرح زیر بیان می‌شود. در بخش ۲ مطالعات پیشین بررسی می‌شوند. در بخش ۳ روش پیشنهادی مطرح می‌شود. بخش ۴ به انجام آزمایش‌ها و بیان نتایج ارزیابی می‌پردازد. درنهایت بخش ۵ نتیجه‌گیری و کارهای آینده را بیان می‌نماید.

---

[۱] Application Programming Interface (API)
[۲] Train
[۳] Test
[۴] Root Mean Square Error (RMSE)
[۵] Mean Absolute Error(MAE)

## ۲. مطالعات پیشین

طی سال‌های اخیر، توصیه اقلام مختلف به کاربران موردتوجه بسیاری از محققان و بازاریابان قرارگرفته است. سامانه‌های توصیه‌گر، بر اساس میزان اطلاعات استخراج‌شده از کاربران دسته‌بندی می‌شوند و همچنین توصیه‌ها با افزایش این اطلاعات، دقیق‌تر می‌شوند. توصیه به کاربر شامل موارد مختلفی ازجمله کتاب [۹]، موسیقی [۱۰]، سفر [۱۱]، فیلم [۱۲] و همچنین کاربر است. به‌طورکلی ادبیات تحقیق در این مقاله به دو دسته توصیه کاربر به یک کاربر و توصیه کاربر به گروهی از کاربران تقسیم می‌شود.

### ۱،۲. توصیه کاربر به یک کاربر

این دسته از سامانه‌های توصیه‌گر، تنها کاربران هدف را به یک کاربر توصیه می‌نمایند. ما در این دسته، پیشینه پژوهش را با سه الگوی عنوان توصیه، نوع پالایش و کاربرد توصیه‌گر در محیط‌های مختلف دسته‌بندی نموده‌ایم.

**عنوان توصیه:** در پژوهش‌های مختلف، توصیه کاربر در عناوین توصیه افراد[۱] [۱۳] تا [۱۵]، توصیه دوست[۲] [۱۶] تا [۱۸] و توصیه کاربر [۱۹] تا [۲۱] بیان شده‌اند. می‌توان گفت توصیه دوست و توصیه افراد زیرمجموعه‌ای از توصیه کاربر هستند. به‌عنوان‌مثال، توصیه افراد شامل پیشنهاد فروشنده به مشتری و پیشنهاد افراد با تخصص‌های متفاوت در لینکدین[۳] است. توصیه دوست اغلب در شبکه‌های اجتماعی بکار می‌رود که با تجزیه‌وتحلیل علاقه کاربر، دوستانی با علایق مشابه به او پیشنهاد می‌شود. عنوان توصیه در این پژوهش، به دلیل اینکه ویژگی‌های دوستی، تخصص و یا مهارت‌های کاربران را در نظر ندارد، به‌طورکلی با توصیه کاربر بیان شده است.

**نوع پالایش:** سامانه‌های توصیه‌گر، با توجه به در نظر گرفتن میزان اطلاعات کاربران به روش‌های پالایشی متفاوتی تقسیم‌بندی می‌شوند. در ادامه سه نمونه از پرکاربردترین پالایش‌ها به‌طور خلاصه شرح داده شده‌اند.

- **پالایش مبتنی بر محتوا[۴]:** این نوع پالایش، تنها از اطلاعات خود کاربر جهت توصیه کاربرانی مشابه استفاده می‌نماید و اطلاعات دیگر کاربران را در نظر ندارد. از ویژگی‌های این پالایش می‌توان به در نظر گرفتن پیام‌های کاربر، جنسیت کاربر، رنگ مورد علاقه کاربر و غیره اشاره نمود.
- **پالایش اشتراکی[۵]:** این پالایش یکی از محبوب‌ترین روش‌های پالایشی در سامانه‌های توصیه‌گر است که در سایت‌های آمازون[۶] و نتفلیکس[۷] نیز استفاده فراوانی دارد. این پالایش با جستجو و یافتن کاربرانی که علایق مشابهی با کاربر هدف دارند، سعی در توصیه‌هایی دقیق‌تر می‌نماید. در این پالایش فرض بر این است که کاربرانی که در گذشته علایق مشابه داشته‌اند، در آینده نیز علایقی مشابه خواهند داشت. پالایش اشتراکی به دو دسته مبتنی بر حافظه[۸] و مبتنی بر نمودار[۹] تقسیم می‌شود. روش مبتنی بر حافظه بر اساس بازخورد گرفتن از کاربر است و روش مبتنی بر نمودار از یک گراف که فعالیت و رفتار کاربران را مدل‌سازی می‌کند، جهت توصیه استفاده می‌نماید [۱۵]. این مقاله با استفاده از یک گراف که عضویت کاربران را در گروه‌ها با وضعیت‌های متفاوت در نظر دارد، توانسته است رفتار کاربران را جهت توصیه، مدل‌سازی نماید. رفتار کاربران بر اساس سابقه عضویت، جاری بودن عضویت و ادمین بودن آنان در گروه‌ها در نظر گرفته شده است. روش پیشنهاد داده‌شده در این مقاله، روشی مبتنی بر نمودار در پالایش اشتراکی است.
- **پالایش ترکیبی[۱۰]:** این پالایش، با ترکیب نمودن دیگر پالایش‌ها سعی در کاهش محدودیت آنان می‌نماید.

پژوهش‌های بسیاری در ارتباط با سامانه‌های توصیه‌گر مبتنی بر پالایش‌ها و عناوین توصیه‌ای مختلف انجام شده است که در این بخش تعدادی از آن‌ها بر اساس عنوان توصیه، نوع پالایش و کاربرد توصیه‌گر در جدول ۱ ارائه شده است.

### ۲،۲. توصیه کاربر به گروهی از کاربران

برخی از پژوهش‌ها به‌جای توصیه کاربر به یک کاربر به توصیه کاربر به گروهی از کاربران وابسته هستند. در توصیه گروهی با در نظر گرفتن ترجیحات مجموعه‌ای از کاربران، به‌صورت گروهی به آنان کاربرانی مشابه توصیه می‌شود. در این روش‌ها اطمینان از رضایت همه اعضای گروه با ترجیحات مختلف بسیار دشوار است [۲۲]. جیو و همکاران [۲۳] الگوریتمی جهت توصیه کاربر به گروهی از کاربران، به‌وسیله الگوریتم $K-means$ و شبکه عصبی ارائه داده‌اند. آنان توصیه را بر اساس چند معیار و ترجیحات گروهی از کاربران بیان کرده‌اند. اورتگا و همکاران [۲۴] معیاری مبتنی بر ترکیب متغیرهای عددی و غیر عددی، جهت توصیه اقلام موردعلاقه گروهی را در بین کاربران ارائه داده‌اند. کریم‌پور و همکاران [۲۵] روشی جهت توصیه کاربران به گروهی کاربر بر اساس محتوای نمایه‌ای استخراج‌شده از گروه‌ها ارائه دادند، آنان از روش‌های پردازش زبان طبیعی جهت ساخت کیسه کلماتی برای هر گروه بهره برده‌اند و سپس به‌وسیله جستجو در بیشترین گروه‌های به‌دست‌آمده، کاربران را توصیه می‌نمایند. یالکین و همکاران [۲۶] روشی جهت توصیه گروه مبتنی

---

[۱] People Recommendation
[۲] Friend Recommendation
[۳] LinkedIn
[۴] Content-based filtering
[۵] Collaborative filtering
[۶] Amazon.com
[۷] Netflix.com
[۸] Memory-based
[۹] Model-based
[۱۰] Hybrid-based filtering

بر آنتروپی[۱] بر اساس نقطه نظرات مشترکی که بین کاربران یک گروه وجود دارد ارائه داده‌اند. جیونگ و همکاران [۲۲] روشی جهت توصیه کاربر به گروهی از کاربران به‌وسیله مدل‌سازی رفتار گروهی کاربران و اطلاعات مبتنی بر زمینه[۲] ارائه داده‌اند. آنان اطلاعات زمینه را از یک شبکه مبتنی بر اطلاعات ناهمگن[۳] استخراج کرده‌اند. سپس اطلاعات زمینه را با استفاده از یادگیری نیمه نظارتی بر روی مدل توصیه اعمال کردند. برخی پژوهش‌ها همانند [۲۷] روشی برای غلبه بر پراکندگی داده‌ها[۴] در توصیه کاربر به گروهی از کاربران ارائه داده‌اند.

**جدول ۱. مقایسه پژوهش‌های پیشین بر اساس نوع پالایش، عنوان توصیه، کاربرد و رویکرد**

| مقاله | نوع پالایش | عنوان توصیه | کاربرد | رویکرد مقاله |
|---|---|---|---|---|
| [۱۶] | ترکیبی | دوست | یلپ[۵] | روش این مقاله ترکیبی از توصیه مبتنی بر پالایش اشتراکی و توصیه معنایی و اجتماعی است. بخش معنایی، به توصیه دوست بر اساس شباهت بین هر کاربر و دوستانش می‌پردازد و بخش اجتماعی، رفتار کاربر را ازجمله درجه دوستی بررسی می‌نماید. |
| [۱۳] | ترکیبی | افراد | لینکدین | این مقاله از ویژگی متمایز افراد مانند عملکرد، سطح کار و تجربه کاری جهت توصیه استفاده کرده است. روش پیشنهادی با استفاده از داده‌کاوی، شبکه‌های عصبی و تکنیک‌های فازی از یک استراتژی ترکیبی استفاده می‌کند که ترکیبی از پالایش‌های اشتراکی و محتوایی است. |
| [۱۹] | محتوا | کاربر | توییتر[۶] | این مقاله روشی جهت مدل‌سازی و توصیه کاربر با بهره‌گیری از روابط صریح[۷] برای ساخت مشخصات شخصی کاربر ارائه داده است. این روش با هدف ایجاد پروفایل‌های شخصی از طریق یک روش جایگزین برای ارائه توصیه‌های دقیق‌تر ایجاد شده است. |
| [۱۴] | محتوا | افراد | توییتر | این مقاله روشی جهت مدل‌سازی و توصیه کاربران متخصص به‌وسیله اطلاعات پروفایل هر کاربر ارائه داده است. متخصصِ توصیه‌شده، بر اساس محتوای توییت که منتشر می‌کنند و اینکه آیا این محتوا موردعلاقه کاربر است انتخاب می‌شود. در این مقاله از تکنیک‌های استخراج متن برای پردازش کلمات در توییت‌ها استفاده شده و از این طریق شباهت بین کاربران تعیین می‌شود. |
| [۱۷] | اشتراکی | دوست | توییتر فیس‌بوک | در این مقاله دو الگوریتم مجزا برای توصیه دوست با استفاده از پالایش اشتراکی مبتنی بر مدل ارائه شده است. الگوریتم اول، تعداد دوستان متقابل هر کاربر را در نظر می‌گیرد و الگوریتم دوم برای اولویت‌بندی کاربران و تأثیر کاربران مختلف ایجاد شده است. به‌طوری‌که برای هر کاربر یک رتبه تأثیرگذاری نسبت داده می‌شود. (به‌عنوان‌مثال اگر یک کاربر ضریب تأثیر ۱ را دارد این ضریب در بین دوستانش تقسیم می‌شود.) |
| [۲۰] | محتوا | کاربر | توییتر | در این مقاله احساسات کاربران موردتوجه قرار گرفته است و یک تابع وزن به نام SVO (احساس-حجم-واقعیت[۸]) پیشنهاد شده است. این روش به‌وسیله پالایش مبتنی بر محتوا و استخراج کلمات کلیدی از پیام‌های کاربران، به‌وسیله شباهت کسینوسی شباهت کلمات کلیدی کاربران را با یکدیگر محاسبه می‌نماید. |
| [۱۸] | محتوا | دوست | فلیکر | این مقاله از ویژگی‌های جنسیت، رنگ، سن و علاقه‌مندی کاربران استفاده می‌نماید. توصیه دوست در این پژوهش بر اساس یک روش دولایه‌ای انجام شده است. لایه اول برای بررسی گراف دوستی بین کاربران و لایه دوم گراف برچسب خورده از ویژگی‌های هر کاربر را در نظر گرفته است. |
| [۲۱] | محتوا | کاربر | توییتر سیناویبو[۹] اپینین[۱۰] | این مقاله روشی با استفاده از استخراج روابط اجتماعی و علاقه‌مندی کاربر در دو فاز ارائه کرده است. فاز اول شامل استخراج موضوعات موردعلاقه و موضوعات اجتماعی کاربران بر اساس روابط بین دنبال شونده[۱۱]، دنبال کننده[۱۲] و ارتباط متقابل دنبال کردن[۱۳] برای بررسی ترجیحات کاربران است. فاز دوم، توصیه کاربر است که یک روش مبتنی بر تشکیل جوامع کاربران بر اساس تخمین موضوعات می‌باشد. درنهایت فاکتورگیری ماتریس در هر جامعه برای تولید کاربران مرتبط با کاربر هدف انجام می‌شود. |
| [۱۵] | اشتراکی | افراد | شبکه‌اجتماعی آنلاین تجاری | این مقاله یک الگوریتم جدید پالایش اشتراکی مبتنی بر مدل را با استفاده از همسایگان کاربران ایجاد کرده است تا بر اساس شباهت از نظر جذابیت و سلیقه، برای کاربر مشخصی سایر کاربرانی که ممکن است علاقه‌مند ارتباط با او باشند را پیش‌بینی کند. |

[۱] Entropy
[۲] Context
[۳] Heterogeneous information network (HIN)
[۴] Data sparsity
[۵] Yelp
[۶] Twitter
[۷] Explicit
[۸] Sentiment-volume-objectivity
[۹] Sina Weibo
[۱۰] Epinions
[۱۱] Followee
[۱۲] Follower
[۱۳] Following

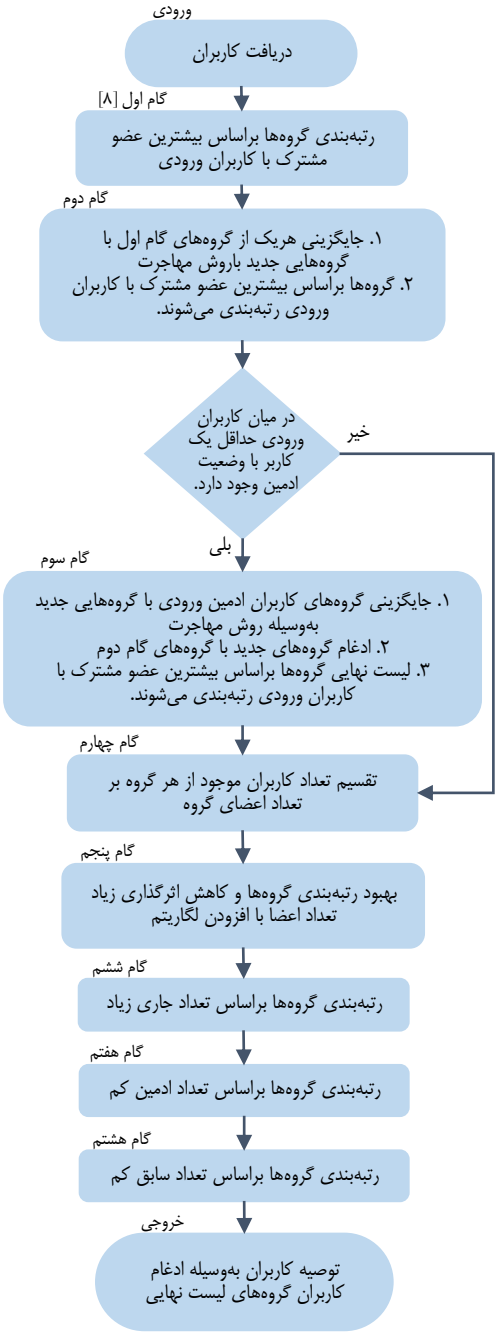
با توجه به پژوهش‌های مطرح‌شده، این پژوهش با مدل‌سازی رفتار کاربران ورودی، به‌وسیله وضعیت آنان در گروه‌ها، فهرستی از کاربران را که برای توصیه به کاربران ورودی مناسب هستند، توصیه می‌نماید. در این مقاله جهت شروع و رتبه‌بندی اولیه گروه‌های کاربران ورودی از روش مقاله [۸] که از گرافی متناسب با گراف موردنظر در این پژوهش بهره برده است، استفاده شده است. گراف مقاله [۸]، همانند گراف مورد استفاده در این پژوهش، کاربران را بر اساس عضویتشان در گروه‌ها به یکدیگر متصل می‌نماید. ما روش مقاله [۸] را که برای توصیه گروه بیان شده بود، جهت توصیه کاربر در نظر گرفته‌ایم و روش پیشنهادی این پژوهش را با آن مقایسه نموده‌ایم.

در مقاله [۸] ابتدا تمامی گروه‌هایِ کاربرانِ ورودی، از گراف عضویت استخراج می‌شوند. سپس بررسی می‌شود که از هر گروه، چه تعداد کاربر در مجموعه کاربران ورودی قرار دارند. برای تمامی گروه‌های کاربران ورودی، این اشتراک بررسی می‌شود و سپس گروه‌ها به ترتیب بیشترین عضو مشترک، رتبه‌بندی می‌شوند. از معایب این روش می‌توان به دید کلی روش، نسبت به کاربران و رتبه‌بندی همیشگی گروه‌های با تعداد عضو زیاد اشاره نمود. همچنین این روش، گروه‌ها را بدون در نظر گرفتن ترجیحات دیگر کاربران توصیه می‌کند و هیچ‌گونه تحلیلی جهت رتبه‌بندی کیفیت گروه‌ها در نظر نمی‌گیرد. در پژوهش پیشِ‌رو، کاربران ورودی با سه وضعیت (عضو سابق، جاری و ادمین) در هر گروه در نظر گرفته شده‌اند. همچنین این پژوهش علاوه بر رفع رتبه‌بندی گروه‌های با تعداد عضو زیاد، به مدل‌سازی مهاجرت بین گروهی کاربران و کیفیت گروه‌ها پرداخته است. با توجه به اینکه روش پیشنهادی در این مقاله، شامل گام‌هایی در ادامه روش مقاله [۸] است، روش مقاله [۸] با "گام اول" نام‌گذاری شده است.

## ۳. روش پیشنهادی

روش پیشنهادی به‌طورکلی در هشت گام دنبال می‌شود. شکل ۲ فرآیند اجرای روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. هر یک از گام‌ها، گام قبل خود را تکمیل می‌نماید و هر گام تمامی گام‌های قبلش را دربر دارد. گام‌های ششم تا هشتم جهت افزودن کیفیت به روش پیشنهادی، مطرح شده‌اند. گام هشتم به‌عنوان آخرین گام، دربردارنده تمامی گام‌های روش پیشنهادی است. ورودی هر گام، مجموعه‌ای از کاربران است و خروجی هر یک، فهرستی از گروه‌های رتبه‌بندی شده است که کاربران این گروه‌ها به ترتیب فهرست تا رسیدن به تعداد کاربر موردنظر با یکدیگر ادغام می‌شوند. هدف در هر گام، دست‌یابی به مجموعه‌ای کاربر (با تعداد موردنظر)، مشابه با کاربران ورودی است. تعداد کاربر موردنظر، درواقع خط پایانی است که تعیین‌کننده تعداد کاربر موجود در فهرست نهایی کاربران پیشنهاد شده توسط توصیه‌گر است. به‌عنوان‌مثال تعداد کاربر موردنظر را می‌توان ۱۰، ۲۰، ۳۰ برابر ورودی و یا هر مقدار دلخواهی تعیین نمود. همان‌طور که در بخش مطالعات پیشین بیان شد، با توجه به اینکه گام‌های روش پیشنهادی در ادامه روش گروه‌های مشابه [۸] هستند، روش مقاله [۸] گام اول نام‌گذاری شده است و روش پیشنهادی از گام دوم شروع شده است. در گام اول ابتدا گروه‌های کاربران ورودی استخراج می‌شوند، سپس این گروه‌ها بر اساس بیشترین اشتراک با کاربران ورودی رتبه‌بندی می‌شوند. خروجی این گام، فهرستی از گروه‌های رتبه‌بندی شده می‌باشد که در ادامه با متغیر $S$ بیان می‌شود. شکل ۳، شبه کد گام اول را نشان می‌دهد.

جهت درک بهتر کارکرد هر یک از گام‌ها، مثالی جامع و عددی که تمامی گام‌های روش پیشنهادی را پوشش می‌دهد، پس از توضیحات هر گام آورده شده است. درواقع این مثال با اعمال روی هر یک از




**شکل ۲. فرآیند اجرای روش پیشنهادی**

**Pseudo-code of the first step**

```
Input: U (list of all input users)
Output: P (final user list)
Variables:
var u_i: each user in U
var G: [initially empty] set of all groups inferred from U
var g_k: each group in G
var S : count of g_k members
var T : a temporary list
Pseudo-code:
for each user u_i in U:
        G.append(u_i groups); // all groups associated with u_i by any relation is appended to G
for each group g_k in G:
        set S = count of g_k members;
set T = a list of users of g_k s with highest S; // g_k groups are ranked with the most S and users are merged from the list of groups, respectively.
while P.length() < desired number of output users:
        P.append(T.pop()); // one of users from T is appended to P and removed from T
return P;
```

**شکل ۳. شبه کد گام اول**

گام‌ها تا گام هشتم پیش می‌رود. در این مثال، ۱۶۰۰ کاربر به‌عنوان مجموعه کاربران ورودی به گام اول داده می‌شود و در طی آن هر یک از گام‌ها نتایج حاصل از گام قبل خود را بهبود می‌دهد. جهت بررسی مثال عددی جامع، خروجی هر گام (فهرستی از گروه‌های رتبه‌بندی شده) ورودی گام بعدی می‌باشد. درنهایت، مجموعه‌ای کاربر با تعداد دلخواه توصیه می‌شود. در شکل ۴ نتایج حاصل از اجرای گام اول بر روی این مثال نشان داده شده است. با توجه به شکل ۴ که نتایج حاصل از اجرای گام اول را بر روی مثال عددی نشان می‌دهد، این گام گروه‌های کاربران را بر اساس بیشترین اشتراک با کاربران ورودی رتبه‌بندی نموده است. با توجه به فهرست $S$ که نتیجه اجرای گام اول می‌باشد، از تعداد ۱۶۰۰ کاربر ورودی، ۱۳۰۰ کاربر در گروه شماره ۱، ۹۶۰ کاربر در گروه شماره ۲، ... و یک کاربر در گروه شماره $N$ وجود دارد.

(S)

کاربران ورودی
تعداد: ۱۶۰۰

| شماره گروه | بیشترین اشتراک |
|---|---|
| گروه ۱ | ۱۳۰۰ |
| گروه ۲ | ۹۶۰ |
| گروه ۳ | ۸۵۰ |
| ... | ... |
| گروه N | ۱ |

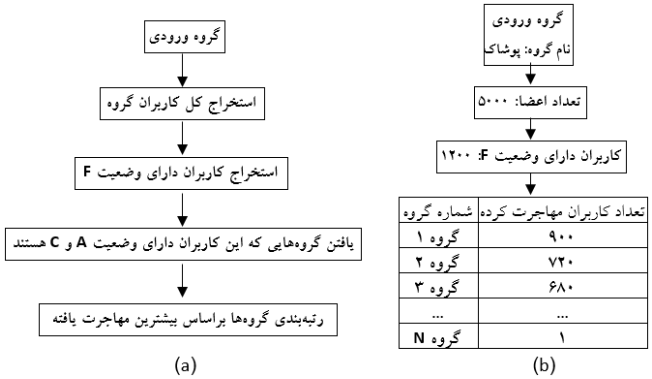
**شکل ۴. نتایج حاصل از اجرای گام اول بر روی مثال عددی**

در ادامه جهت سهولت در بیان هریک از گام‌های روش پیشنهادی به بیان برخی اختصارات می‌پردازیم.

- $U$: مجموعه کاربران ورودی
- $M$: تعداد اعضای گروه
- $A$: وضعیت کاربر در گروه، ادمین یا مدیر است.
- $F$: وضعیت کاربر در گروه، سابق یا قدیمی است.
- $C$: وضعیت کاربر در گروه، جاری است.

**گام ۲:** این گام به مدل‌سازی ترجیحات و رفتار اعضای گروه‌ها می‌پردازد. ورودی این گام نتایج حاصل از گام اول است. در این گام ابتدا روشی جهت بررسی مهاجرت حداکثری کاربران از گروه‌ها بیان می‌شود و درنهایت این گام تکمیل می‌شود.

**مهاجرت:** مهاجرت، روشی جهت تحلیل حرکت عمده کاربران از هر گروه به گروهی دیگر است. این روش، بر اساس تحلیل وضعیت کاربران در گروه‌ها به دست می‌آید. طبق اطلاعات مورداستفاده در این مقاله، هر کاربر در گروهی که وجود دارد، دارای یکی از سه وضعیت $F$ یا $C$ یا $A$ است. شکل ۵-(a) فرآیند اجرای روش مهاجرت را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، کلیت اجرای روش مهاجرت بدین سبک است که برای هر گروه، ابتدا کاربران با وضعیت $F$ استخراج می‌شوند، سپس بررسی می‌شود که این کاربران در چه گروه‌هایی دارای وضعیت $A$ و $C$ هستند. گروه‌های به‌دست‌آمده، بر اساس بیشترین تعداد کاربر مهاجرت یافته، رتبه‌بندی می‌شوند و گروهی که بیشترین تعداد کاربران به آن مهاجرت کرده‌اند، به‌عنوان گروه نهایی حاصل می‌شود. برای بیان بهتر این روش، مثالی عددی در شکل ۵-(b) نشان داده شده است. با توجه به این شکل، گروهی با نام "پوشاک" و تعداد اعضای ۵۰۰۰ در نظر گرفته شده است. ابتدا تمامی کاربران این گروه را که دارای وضعیت $F$ هستند، استخراج می‌نماییم. در این مثال تعداد کاربران دارای وضعیت $F$، ۱۲۰۰ کاربر می‌باشند. حال برای هر یک از ۱۲۰۰ کاربر، به‌صورت جداگانه بررسی می‌نماییم که در چه گروه‌هایی دارای وضعیت $A$ و $C$ هستند. طبق جدول نشان داده شده در شکل ۵-(b) که نتیجه نهایی حاصل از روش مهاجرت را بر روی گروه "پوشاک" نشان می‌دهد، فهرستی از گروه‌های رتبه‌بندی شده به‌دست‌آمده است. بر اساس این جدول تعداد ۹۰۰ کاربر از گروه "پوشاک" به گروه ۱، ۷۲۰ کاربر به گروه ۲، ... و یک کاربر به گروه $N$ مهاجرت کرده‌اند.




| شماره گروه | تعداد کاربران مهاجرت کرده |
|---|---|
| گروه ۱ | ۹۰۰ |
| گروه ۲ | ۷۲۰ |
| گروه ۳ | ۶۸۰ |
| ... | ... |
| گروه N | ۱ |

**شکل ۵. (a) فرآیند اجرای روش مهاجرت، (b) مثالی از اجرای مهاجرت**

در این گام، روش مهاجرت به‌صورت جداگانه بر روی هر یک از گروه‌های حاصل از گام اول (همانند شکل ۵-(b))، اعمال می‌شود و تنها گروهی که بیشترین کاربران به آن مهاجرت کرده‌اند، با گروه موردنظر جایگزین می‌شود. به‌عنوان‌مثال در شکل ۵-(b) گروه۱ که

بیشترین کاربر از گروه پوشاک به آن مهاجرت کرده‌اند با گروه پوشاک جایگزین می‌شود. برای هر یک گروه‌های گام اول به‌صورت جداگانه این مهاجرت بررسی و هر گروه با گروهی جدید جایگزین می‌شود. درنهایت، فهرست گروه‌های جدید به‌دست‌آمده که گروه‌های مهاجرت یافته یکایک گروه‌های گام اول هستند بر اساس بیشترین عضو مشترک با کاربران ورودی رتبه‌بندی می‌شود. این گام در ادامه با متغیر $h$ بیان می‌شود و در رابطه (۱) نشان داده شده است. در رابطه (۱) متغیر $S$ بیانگر فهرست گروه‌های نهایی حاصل از گام اول است. شبه کد گام دوم در شکل ۶ نشان داده شده است.

$$step^{۲}: S \rightarrow h \qquad (۱)$$

**Pseudo-code of the second step of the proposed method**

```
Input: U (list of all input users)
Output: P (final user list)
Variables:
var u_i: each user in U
var G: [initially empty] set of all groups inferred from U
var g_k: each group in G
var u'_i: each user in g_k
var g'_i: each group u'_i is or was a member or admin
var R: [initially empty] migration list
var g_r: each group in R
var h: count of g_r members
var T : a temporary list
Pseudo-code:
for each user u_i in U:
        G.append(u_i groups); // all groups associated with u_i by any relation is appended to G
for g_k in G:
    for u'_i in g_k:
        if status of u'_i is F: // if u'_i is a former member
            for g'_i in u'_i groups:
                if status of u'_i in g'_i is C or A: // if u'_i is a current member or admin
                    R.append(g'_i);
for each group g_r in R:
        set h = count of g_r members;
set T = a list of users of g_r s with highest h; // g_r groups are ranked with the most h and users are merged from the list of groups, respectively.
while P.length() < desired number of output users:
        P.append(T.pop()); // one of users from T is appended to P and removed from T
return P;
```

**شکل ۶. شبه کد گام دوم**

شکل ۷ نتیجه اجرای گام دوم را بر روی فهرست $S$ حاصل از گام اول برای مثال عددی نشان می‌دهد. طبق شکل ۷، برای هر یک از گروه‌های موجود در فهرست $S$ روش مهاجرت به‌صورت جداگانه اجرا می‌شود و هر یک از گروه‌ها با گروه مهاجرت یافته‌اش جایگزین می‌شود. فهرست جدید مهاجرت یافته گروه‌ها با $R$ نشان داده شده است. حرف $m$ در کنار شماره هر گروه بیانگر مهاجرت است، به‌عنوان‌مثال گروه $۱m$ مهاجرت یافته گروه ۱ است. در انتهای این گام همانند گام اول، گروه‌های فهرست $R$، بر اساس بیشترین عضو مشترک با کاربران ورودی رتبه‌بندی می‌شوند. فهرست نهایی گام دوم با نام $h$ نشان داده شده است.

(S)

| شماره گروه |
|---|
| گروه ۱ |
| گروه ۲ |
| گروه ۳ |
| ... |
| گروه N |

(R)

| شماره گروه |
|---|
| گروه ۱m |
| گروه ۲m |
| گروه ۳m |
| ... |
| گروه Nm |

(h)

| شماره گروه | بیشترین اشتراک | تعداد اعضای گروه |
|---|---|---|
| گروه ۱۲m | ۱۴۱۰ | ۵۰۹۰ |
| گروه ۲m | ۱۱۵۰ | ۳۶۰۰ |
| گروه ۱۸m | ۱۸۰ | ۵۸۰ |
| ... | ... | ... |
| گروه Nm | ۱ | ۳۱۰۰ |

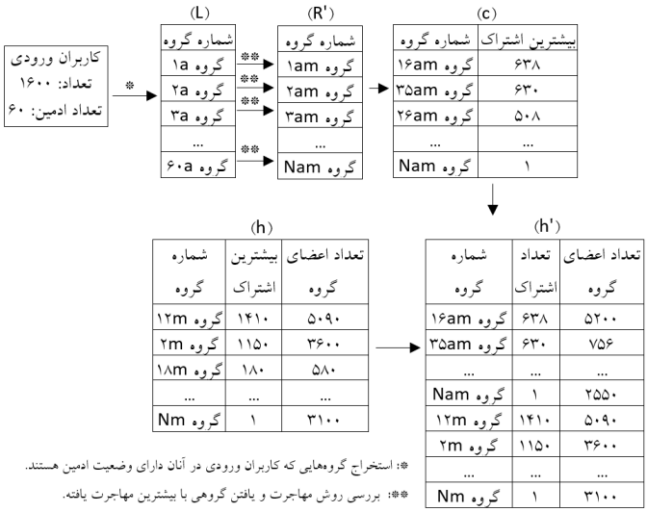
*: بررسی روش مهاجرت و یافتن گروهی با بیشترین مهاجرت یافته.

**شکل ۷. نتایج حاصل از اجرای گام دوم بر روی مثال عددی**

**گام ۳:** این گام، کاربران مجموعه $U$ را از جهتی دیگر و بر اساس مدل‌سازی مهاجرت گروه‌های کاربران با وضعیت $A$ بررسی می‌نماید. در این گام، ابتدا کاربران با وضعیت $A$ از بین مجموعه کاربران ورودی ($U$) استخراج می‌شوند. گروه‌هایی که این کاربران دارای وضعیت $A$ هستند از گراف عضویت به دست می‌آید. سپس این گروه‌ها بر اساس روش مهاجرت، با گروه‌هایی جدید، جایگزین می‌شوند. درنهایت، فهرست گروه‌های جدید، بر اساس بیشترین عضو مشترک با کاربران ورودی رتبه‌بندی می‌شود. در ادامه جهت سهولت در بیان مطالب، فهرست جدید با نام مهاجرت ادمین‌ها بیان می‌شود. ما پس از بررسی و اشتراک‌گیری گروه‌های فهرست مهاجرت ادمین‌ها با گروه‌های حاصل از گام دوم، به این نتیجه دست‌یافتیم که در اکثر مواقع، بسیاری از گروه‌های موجود در فهرست مهاجرت ادمین‌ها، در فهرست گروه‌های گام دوم وجود دارند. درنتیجه، گروه‌های مشترک، از فهرست گروه‌های گام دوم حذف می‌شوند و فهرست مهاجرت ادمین‌ها در ابتدای فهرست ویرایش‌شده (پس از حذف گروه‌های مشترک با گروه‌های مهاجرت ادمین‌ها) گام دوم، قرار می‌گیرند. این گام با متغیر $h'$ و در رابطه (۲) نشان داده شده است. در رابطه (۲)، متغیر $S$ و $h$ به‌ترتیب بیانگر فهرست گروه‌های حاصل از گام اول و دوم هستند.

$$step^{۳}: S \rightarrow h \rightarrow h' \qquad (۲)$$

شکل ۸ نتیجه اجرای گام سوم را بر روی فهرست $h$ حاصل از گام دوم برای مثال عددی نشان می‌دهد. در این شکل با توجه به هدف گام دوم، ابتدا کاربران دارای وضعیت $A$ از بین کاربران ورودی استخراج می‌شوند. درصورتی‌که بین کاربران ورودی کاربری با وضعیت $A$ وجود نداشته باشد، این گام اجرا نخواهد شد و نتایج گام دوم به گام چهارم انتقال می‌یابد. در این مثال باتوجه به اینکه تعداد کاربران ورودی با وضعیت $A$، ۶۰ کاربر است گام سوم قابل اجرا می‌باشد.




**شکل ۸. نتایج حاصل از اجرای گام سوم بر روی مثال عددی**

در شکل ۸، فهرست $L$ نشان‌دهنده گروه‌هایی است که ۶۰ کاربر ادمین ورودی در آنان دارای وضعیت ادمین هستند. هر یک از ۶۰ گروه با استفاده از روش مهاجرت با گروهی دیگر جایگزین می‌شود. این جایگزینی در فهرست R′ نشان داده شده است. در فهرست $R'$ شماره هر گروه با پسوند am که a مخفف ادمین و $m$ مخفف مهاجرت است، نام‌گذاری شده است. به‌عنوان‌مثال، گروه $2am$ مهاجرت یافته گروه $2a$ می‌باشد. فهرست $C$ گروه‌های فهرست $R'$ را همانند گام اول، بر اساس بیشترین عضو مشترک با کاربران ورودی رتبه‌بندی نموده است. فهرست $h$ نتایج حاصل از گام دوم را به همراه تعداد اعضای هر گروه نشان می‌دهد. اکنون جهت ایجاد فهرست نهایی در این گام، اشتراک گروه‌های فهرست $C$ با گروه‌های فهرست $h$ بررسی می‌شود و گروه‌های مشترک از فهرست $h$ حذف می‌شوند. سپس خروجی این گام، فهرستی با نام $h'$ می‌باشد که فهرست $C$ در ابتدای آن و فهرست ویرایش شده $h$ در ادامه گروه‌های $C$ قرار گرفته است.

**گام ۴:** ورودی این گام، درصورتی‌که کاربری با وضعیت $A$ در مجموعه $U$ نباشد، گام دوم و در صورت وجود کاربر با وضعیت $A$، گام سوم است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از گام قبل (دوم یا سوم)، به دلیل اینکه گروه‌ها بر اساس تعداد کاربران مشترک با مجموعه کاربران ورودی نمایش داده می‌شوند؛ این امکان وجود دارد که گروهی که در رتبه اول فهرست قرار دارد تعداد $M$ بسیار زیادی نسبت به گروه رتبه دوم داشته باشد و این یک عیب است که باعث می‌شود گروه‌های با تعداد $M$ بسیار زیاد به دلیل اشتراک بالا با کاربران ورودی، همیشه در ابتدای فهرست قرار گیرند. این مشکل در گام اول تا سوم وجود دارد و در این گام، رفع شده است. این گام در رابطه (۳) نشان داده شده است. در رابطه (۳)، متغیر $H$ تعداد کاربران موجود از هر گروه در بین مجموعه $U$ است، که بر اساس نتایج گام دوم $(h)$ یا گام سوم $(h')$ به‌دست‌آمده است. طبق رابطه (۳)، متغیر $H$ بر تعداد اعضای گروه $(M)$ تقسیم شده است تا گروه‌ها بر اساس درصد مشارکت رتبه‌بندی شوند. در انتهای این گام، فهرست گروه‌های به‌دست‌آمده، بر اساس درصد مشارکت $(\frac{H}{M})$ نزولی رتبه‌بندی می‌شوند. برتری این گام در به دست آوردن درصد موجود بودن کاربران هر گروه بر اساس $M$ است.

$$step۴: S \rightarrow \frac{H}{M}\ ,\quad H: h\ or\ h' \qquad (۳)$$

شکل ۹ نتیجه اجرای گام چهارم را بر روی نتایج حاصل از گام دوم و سوم برای مثال عددی نشان می‌دهد. درصورتی‌که که بین کاربران ورودی کاربری با وضعیت $A$ وجود نداشته باشد ورودی این گام، فهرست خروجی گام دوم $(h)$ و اگر در بین کاربران ورودی حداقل یک کاربر با وضعیت $A$ وجود داشته باشد، ورودی این گام، فهرست خروجی گام سوم $(h')$ خواهد بود. فهرست $a$ و $b$ به‌ترتیب بر اساس نتایج حاصل از گام سوم و دوم، تعداد اشتراک هر گروه را بر تعداد اعضای آن تقسیم می‌نمایند تا گروه‌ها به‌جای تعداد اشتراک بر اساس درصد اشتراک رتبه‌بندی شوند. در فهرست $a$ گروه $35am$ با مقدار ۰,۳۱۹ و در فهرست $b$ گروه $2m$ با مقدار ۰,۸۳۳ دارای بیشترین درصد اشتراک می‌باشند.

(a)

| شماره گروه | بیشترین درصد اشتراک |
|---|---|
| گروه ۳۵am | ۶۳۰ / ۷۵۶ |
| گروه ۲m | ۱۱۵۰ / ۳۶۰۰ |
| گروه ۱۸m | ۱۸۰ / ۵۸۰ |
| گروه ۱۲m | ۱۴۱۰ / ۵۰۹۰ |
| گروه ۱۶am | ۶۳۸ / ۵۲۰۰ |
| ... | ... |
| گروه Nam | ۱ / ۲۵۵۰ |
| ... | ... |
| گروه Nm | ۱ / ۳۱۰۰ |

(b)

| شماره گروه | بیشترین درصد اشتراک |
|---|---|
| گروه ۲m | ۱۱۵۰ / ۳۶۰۰ |
| گروه ۱۸m | ۱۸۰ / ۵۸۰ |
| گروه ۱۲m | ۱۴۱۰ / ۵۰۹۰ |
| ... | ... |
| گروه Nm | ۱ / ۳۱۰۰ |

**شکل ۹. نتایج حاصل از اجرای گام چهارم بر روی مثال عددی**

**گام ۵:** این گام جهت بهبود نتایج حاصل از گام چهارم ایجاد شده است. مشکل موجود در گام چهارم این است که با افزایش مقدار مخرج در کسر $\frac{H}{M}$، مقدار صورت نمی‌تواند به همان اندازه افزایش یابد و این باعث رتبه‌بندی گروه‌های با تعداد $M$ پایین می‌شود. این مشکل در این گام رفع و در رابطه (۴) نشان داده شده است. با توجه به رابطه (۴)، کسر $\frac{H}{M}$ حاصل از گام سوم در لگاریتم $M$ ضرب می‌شود. این ضرب باعث کاهش اثرگذاری زیاد $M$ در مخرج می‌شود. برای کم اثر کردن $M$ علاوه بر لگاریتم می‌توان کسر $\frac{H}{M}$ را در ریشه $M$ نیز ضرب نمود. ما جهت کم اثر کردن $M$ با انجام آزمایش‌هایی عددی به این نتیجه دست‌یافتیم که استفاده از لگاریتم در این گام، بهتر از ریشه

عمل می‌نماید. در رابطه (۴)، متغیر $S$ و کسر $\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{M}}$ به‌ترتیب بیانگر نتایج حاصل از گام اول و گام چهارم هستند.

$$step۵: S \rightarrow \frac{H}{M} * \log_{۱۰} M \qquad (۴)$$

شکل ۱۰ نتیجه اجرای گام پنجم را بر روی نتایج حاصل از گام چهارم برای مثال عددی نشان می‌دهد. فهرست‌های $a$ و $b$ به‌ترتیب بیانگر اجرای گام پنجم بر روی فهرست‌های $a$ و $b$ در شکل ۹ می‌باشند. در این گام برای هر گروه، کسر حاصل از گام چهارم در لگاریتم مخرج آن، ضرب شده است. سپس گروه‌ها بر اساس بیشترین مقدار عددی حاصل از بهبود درصد اشتراک رتبه‌بندی می‌شوند. به‌عنوان‌مثال، در فهرست $a$ گروه شماره $۳۵am$ با مقدار $\frac{۶۳۰}{۷۵۶} * \log_{۱۰} ۷۵۶$ و در فهرست $b$ گروه شماره $۲m$ با مقدار $\frac{۱۱۵۰}{۳۶۰۰} * \log_{۱۰} ۳۶۰۰$ دارای بیشترین مقدار (بهبود درصد اشتراک) می‌باشند. برای دیگر گروه‌ها نیز روش محاسبه به همین ترتیب است.

(a)

| شماره گروه | بهبود درصد اشتراک |
|---|---|
| گروه ۳۵am | $\frac{۶۳۰}{۷۵۶} * \log_{۱۰} ۷۵۶$ |
| گروه ۲m | $\frac{۱۱۵۰}{۳۶۰۰} * \log_{۱۰} ۳۶۰۰$ |
| گروه ۱۲m | $\frac{۱۴۱۰}{۵۰۹۰} * \log_{۱۰} ۵۰۹۰$ |
| گروه ۱۸m | $\frac{۱۸۰}{۵۸۰} * \log_{۱۰} ۵۸۰$ |
| گروه ۱۶am | $\frac{۶۳۸}{۵۲۰۰} * \log_{۱۰} ۵۲۰۰$ |
| ... | ... |
| گروه Nam | $\frac{۱}{۲۵۵۰} * \log_{۱۰} ۲۵۵۰$ |
| ... | ... |
| گروه Nm | $\frac{۱}{۳۱۰۰} * \log_{۱۰} ۳۱۰۰$ |

(b)

| شماره گروه | بهبود درصد اشتراک |
|---|---|
| گروه ۲m | $\frac{۱۱۵۰}{۳۶۰۰} * \log_{۱۰} ۳۶۰۰$ |
| گروه ۱۲m | $\frac{۱۴۱۰}{۵۰۹۰} * \log_{۱۰} ۵۰۹۰$ |
| گروه ۱۸m | $\frac{۱۸۰}{۵۸۰} * \log_{۱۰} ۵۸۰$ |
| ... | ... |
| گروه Nm | $\frac{۱}{۳۱۰۰} * \log_{۱۰} ۳۱۰۰$ |

**شکل ۱۰. نتایج حاصل از اجرای گام پنجم بر روی مثال عددی**

## کیفیت‌سنجی گروه‌ها:

در این زیر بخش سه گام جدید به‌دنبال یکدیگر جهت رتبه‌بندی گروه‌ها بر اساس بیشترین کیفیت، بررسی و محاسبه می‌شوند. این سه کیفیت در ادامه گام پنجم، کیفیت گروه‌ها را بر اساس تعداد جاری زیاد، ادمین کم و سابق کم رتبه‌بندی می‌نماید. هر یک از گام‌های ششم، هفتم و هشتم همانند گام‌های اول تا پنجم می‌توانند روشی جداگانه جهت توصیه کاربر در نظر گرفته شوند. همچنین خروجی این سه‌گام، فهرستی از گروه‌های رتبه‌بندی شده است که کاربران این گروه‌ها، به‌ترتیب فهرست تا رسیدن به مجموعه کاربران موردنظر با یکدیگر ادغام می‌شوند. در ادامه جهت سهولت در محاسبه هریک از کیفیت‌ها به بیان برخی اختصارات می‌پردازیم.

- $\mathrm{G_A}$: تعداد کاربر با وضعیت $A$ در گروه
- $\mathrm{G_F}$: تعداد کاربر با وضعیت $F$ در گروه
- $\mathrm{G_C}$: تعداد کاربر با وضعیت $C$ در گروه

**گام ۶:** از گام اول تا گام پنجم بر روی کیفیت گروه‌ها هیچ‌گونه تحلیلی انجام نشده است. در این گام، اولین کیفیت به گام پنجم بر اساس $\mathrm{G_C}$ افزوده می‌شود. برای هر گروه، هرچقدر نسبت $\mathrm{G_C}$ به $M$ بیشتر باشد آن گروه، گروه خوبی است؛ چراکه آن گروه، کاربران جاری بیشتری نسبت به دیگر گروه‌ها دارد و کاربران کمتری آن گروه را ترک کرده‌اند. درواقع این روش فارغ از وضعیت ادمین و سابق بودن، کاربران هر گروه را بر اساس اعضای واقعی‌شان رتبه‌بندی می‌نماید. این گام در رابطه (۵) نشان داده شده است. با توجه به رابطه (۵)، به دلیل اینکه در کسر $\frac{G_C}{M}$، مقدار $\mathrm{G_C}$ نسبت به $M$ نمی‌تواند زیاد افزایش یابد و اینکه در برخی گروه‌ها $\mathrm{G_C}$ بسیار کم است، این نسبت در ریشه دوم $M$ ضرب شده است. در این گام، دلیل انتخاب ریشه به‌جای لگاریتم جهت کم اثر کردن مخرج، این است که ما در بسیاری از آزمایش‌های عددی، ریشه را صحیح‌تر از لگاریتم به دست آوردیم.

$$step۶: S \rightarrow \frac{H}{M} * \log_{۱۰} M * \left(\frac{G_C}{M} * \sqrt[۲]{M}\right) \qquad (۵)$$

شکل ۱۱ نتیجه اجرای گام ششم را بر روی نتایج حاصل از گام پنجم برای مثال عددی نشان می‌دهد. فهرست $\mathrm{I_1}$ نشان‌دهنده $\mathrm{G_C}$ یا تعداد کاربران با وضعیت $C$ در هر گروه است. فهرست‌های $a$ و $b$ به‌ترتیب بیانگر اجرای گام ششم بر روی فهرست‌های $a$ و $b$ در شکل ۱۰ می‌باشند. در این گام برای هر گروه، مقدار عددی حاصل از گام پنجم در مقدار $\frac{\mathrm{G_C}}{\mathrm{M}} * \sqrt[۲]{\mathrm{M}}$، ضرب شده است و همچنین گروه‌ها بر اساس بیشترین مقدار عددی حاصل از بهبود درصد اشتراک بر اساس $\mathrm{G_C}$ رتبه‌بندی شده‌اند. به‌عنوان‌مثال گروه $۱۸m$ در رتبه پنجم فهرست $a$ و در رتبه سوم فهرست $b$ قرار دارد. این گروه در دو فهرست $a$ و $b$ مقدار ۷,۸۳۴ دارد که از محاسبه $\frac{۱۸۰}{۵۸۰} * \log_{۱۰} ۵۸۰ * \frac{۲۲۰}{۵۸۰} * \sqrt{۵۸۰}$ به‌دست‌آمده است. برای دیگر گروه‌ها نیز روش محاسبه به همین ترتیب است.

($\mathrm{I_1}$)

| شماره گروه | $\mathrm{G_C}$ |
|---|---|
| گروه ۳۵am | ۴۴۳ |
| گروه ۲m | ۲۵۰۰ |
| گروه ۱۲m | ۲۱۸۸ |
| گروه ۱۸m | ۲۲۰ |
| گروه ۱۶am | ۲۱۸۱ |
| ... | ... |
| گروه Nam | ۱۲۸۳ |
| ... | ... |
| گروه Nm | ۱۹۷۵ |

(a)

| شماره گروه | بهبود درصد اشتراک بر اساس $\mathrm{G_C}$ |
|---|---|
| گروه ۲m | ۴۷.۳۳ |
| گروه ۳۵am | ۳۸.۶۴ |
| گروه ۱۲m | ۳۱.۴۹ |
| گروه ۱۶am | ۱۳.۷۸ |
| گروه ۱۸m | ۷.۸۳۴ |
| ... | ... |
| گروه Nm | ۰.۰۳۹ |
| ... | ... |
| گروه Nam | ۰.۰۳۳ |

(b)

| شماره گروه | بهبود درصد اشتراک بر اساس $\mathrm{G_C}$ |
|---|---|
| گروه ۲m | ۴۷.۳۳ |
| گروه ۱۲m | ۳۱.۴۹ |
| گروه ۱۸m | ۷.۸۳۴ |
| ... | ... |
| گروه Nm | ۰.۰۳۹ |

**شکل ۱۱. نتایج حاصل از اجرای گام ششم بر روی مثال عددی**

**گام ۷:** این گام، دومین کیفیت را به گام ششم بر اساس $\mathrm{G_A}$ می‌افزاید. برای هر گروه، هرچقدر نسبت $\mathrm{G_A}$ به $M$ کمتر باشد، آن گروه، گروه خوبی است. دلیل این امر این است که هرچقدر $\mathrm{G_A}$ بیشتر شود، گروه دچار مدیریتی چندوجهی می‌شود و کیفیت گروه

کاهش می‌یابد. این گام در رابطه (۶) نشان داده شده است. با توجه به رابطه (۶)، درصورتی‌که این گام را بتوان به گام ششم افزود، باید متغیر $M$ بر $G_A$ تقسیم شود. این گام همانند گام ششم، نیازمند کم اثر کردن مخرج است که جهت آمدن در کنار دیگر گام‌ها، در معکوس ریشه $M$ ضرب شده است.

$$step۷: S \rightarrow \frac{H}{M} * \log_{۱۰} M * \left(\frac{G_C}{M} * \sqrt[۲]{M}\right) * \left(\frac{M}{G_A} * \frac{۱}{\sqrt[۲]{M}}\right) \quad (۶)$$

شکل ۱۲ نتیجه اجرای گام هفتم را بر روی نتایج حاصل از گام ششم برای مثال عددی نشان می‌دهد. فهرست $I_۲$ نشان‌دهنده $G_A$ یا تعداد کاربران با وضعیت $A$ در هر گروه است. فهرست‌های $a$ و $b$ به‌ترتیب بیانگر اجرای گام هفتم بر روی فهرست‌های $a$ و $b$ در شکل ۱۱ می‌باشند. در این گام برای هر گروه، مقدار عددی حاصل از گام ششم در مقدار $\frac{۱}{\sqrt[۲]{M}} * \frac{M}{G_A}$، ضرب شده است و همچنین گروه‌ها بر اساس بیشترین مقدار عددی حاصل از بهبود درصد اشتراک بر اساس $G_A$ رتبه‌بندی شده‌اند. به‌عنوان‌مثال گروه $۱۸m$ در رتبه پنجم فهرست $a$ و در رتبه سوم فهرست $b$ قرار دارد. این گروه در دو فهرست $a$ و $b$ مقدار ۶۲.۸ دارد که از محاسبه $\frac{۱}{\sqrt{۵۸۰}} * \frac{۵۸۰}{۳} *$ ۷.۸۳۴ به‌دست‌آمده است. برای دیگر گروه‌ها نیز روش محاسبه به همین ترتیب است.

(a)

| شماره گروه | بهبود درصد اشتراک بر اساس $G_A$ |
|---|---|
| گروه ۲m | ۱۴۱۹.۹ |
| گروه ۱۲m | ۳۷۴.۴ |
| گروه ۳۵am | ۳۵۴.۱ |
| گروه ۱۶am | ۱۴۱.۹ |
| گروه ۱۸m | ۶۲.۸ |
| ... | ... |
| گروه Nam | ۰.۸۳۳ |
| ... | ... |
| گروه Nm | ۰.۴۳۴ |

(b)

| شماره گروه | بهبود درصد اشتراک بر اساس $G_A$ |
|---|---|
| گروه ۲m | ۱۴۱۹.۹ |
| گروه ۱۲m | ۳۷۴.۴ |
| گروه ۱۸m | ۶۲.۸ |
| ... | ... |
| گروه Nm | ۰.۴۳۴ |

($I_۲$)

| شماره گروه | $G_A$ |
|---|---|
| گروه ۳۵am | ۳ |
| گروه ۲m | ۲ |
| گروه ۱۲m | ۶ |
| گروه ۱۸m | ۳ |
| گروه ۱۶am | ۷ |
| ... | ... |
| گروه Nam | ۲ |
| ... | ... |
| گروه Nm | ۵ |

**شکل ۱۲. نتایج حاصل از اجرای گام هفتم بر روی مثال عددی**

**گام ۸:** این گام، سومین کیفیت را به گام هفتم بر اساس $G_F$ می‌افزاید. برای هر گروه، هرچقدر نسبت $G_F$ به $M$ کمتر باشد آن گروه، گروه خوبی است. دلیل این بهتر بودن این است که هرچقدر تعداد کاربرانی که گروه را ترک کرده‌اند افزایش یابد، می‌تواند دلیلی بر بی‌کیفیت بودن آن گروه باشد. این گام در رابطه (۷) نشان داده شده است. با توجه به رابطه(۷)، درصورتی‌که این گام را بتوان به گام هفتم افزود، باید متغیر $M$ را بر $G_F$ تقسیم نمود. همچنین این گام نیازمند کم اثر کردن مخرج است که جهت آمدن در کنار دیگر گام‌ها، در معکوس ریشه $M$ ضرب شده است. این گام، تمامی گام‌های روش پیشنهادی را در بر دارد. شبه کد نهایی روش پیشنهادی در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

$$step۸: S \rightarrow \frac{H}{M} * \log_{۱۰} M * \left(\frac{G_C}{M} * \sqrt[۲]{M}\right) * \left(\frac{M}{G_A} * \frac{۱}{\sqrt[۲]{M}}\right) * \left(\frac{M}{G_F} * \frac{۱}{\sqrt[۲]{M}}\right) \quad (۷)$$

شکل ۱۴ نتیجه اجرای گام هشتم را بر روی نتایج حاصل از گام هفتم برای مثال عددی نشان می‌دهد. فهرست $I_۳$ نشان‌دهنده $G_F$ یا تعداد کاربران با وضعیت $F$ در هر گروه است. فهرست‌های $a$ و $b$ به‌ترتیب بیانگر اجرای گام هشتم بر روی فهرست‌های $a$ و $b$ در شکل ۱۲ می‌باشند. در این گام برای هر گروه، مقدار عددی حاصل از گام هفتم در مقدار $\frac{۱}{\sqrt[۲]{M}} * \frac{M}{G_F}$، ضرب شده است و همچنین گروه‌ها بر اساس بیشترین مقدار عددی حاصل از بهبود درصد اشتراک بر اساس $G_F$ رتبه‌بندی شده‌اند. به‌عنوان‌مثال گروه $۱۸m$ در رتبه چهارم فهرست $a$ و در رتبه سوم فهرست $b$ قرار دارد. این گروه در دو فهرست $a$ و $b$ مقدار ۴,۲۳ دارد که از محاسبه $\frac{۱}{\sqrt{۵۸۰}} * \frac{۵۸۰}{۳۵۷} *$ ۶۲.۸ به‌دست‌آمده است. برای دیگر گروه‌ها نیز روش محاسبه به همین ترتیب است.

این گام، آخرین مرحله از روش پیشنهادی است و کاربران به‌وسیله فهرست نهایی گروه‌های رتبه‌بندی شده توصیه می‌شوند. در شکل ۱۴، فهرست‌های $d$ و $e$ به‌ترتیب گروه‌های رتبه‌بندی شده در فهرست‌های $a$ و $b$ هستند. جهت دست‌یابی به مجموعه کاربران نهایی با تعداد موردنظر می‌توان هدف را دست‌یابی به ۱۰برابر، ۲۰ برابر کاربران ورودی و یا هر مقدار دلخواه دیگری انتخاب نمود. در این مثال، هدف دست‌یابی به مجموعه‌ای کاربر با تعداد ۱۰ برابر مجموعه کاربر ورودی می‌باشد. برای دست‌یابی به این هدف، کاربران گروه‌های فهرست $d$ یا $e$، به‌ترتیب تا رسیدن به مجموعه کاربرانی کمتر مساوی ۱۶۰۰۰ با یکدیگر ادغام می‌شوند. این کار را جهت بررسی نتایج هر یک از گام‌ها، می‌توان در انتهای هر گام اجرا نمود و اعضای گروه‌های رتبه‌بندی شده را تا رسیدن به حداکثر ۱۶۰۰۰ کاربر با یکدیگر ادغام نمود.

($I_۳$)

| شماره گروه | $G_F$ |
|---|---|
| گروه ۳۵am | ۳۱۰ |
| گروه ۲m | ۱۰۹۸ |
| گروه ۱۲m | ۲۸۹۶ |
| گروه ۱۸m | ۳۵۷ |
| گروه ۱۶am | ۳۰۱۲ |
| ... | ... |
| گروه Nam | ۱۲۶۵ |
| ... | ... |
| گروه Nm | ۱۱۲۰ |

(a)

| شماره گروه | بهبود درصد اشتراک بر اساس $G_F$ |
|---|---|
| گروه ۲m | ۷۷.۵ |
| گروه ۳۵am | ۳۱.۴ |
| گروه ۱۲m | ۹.۲ |
| گروه ۱۸m | ۴.۲۳ |
| گروه ۱۶am | ۳.۳۹ |
| ... | ... |
| گروه Nam | ۰.۰۳۳ |
| ... | ... |
| گروه Nm | ۰.۰۲۱ |

(b)

| شماره گروه | بهبود درصد اشتراک براساس $G_F$ |
|---|---|
| گروه ۲m | ۷۷.۵ |
| گروه ۱۲m | ۹.۲ |
| گروه ۱۸m | ۴.۲۳ |
| ... | ... |
| گروه Nm | ۰.۰۲۱ |

(d)

| شماره گروه |
|---|
| گروه ۲m |
| ... |
| گروه Nam |
| ... |
| گروه Nm |

≤۱۶۰۰۰

(e)

| شماره گروه |
|---|
| گروه ۲m |
| گروه ۱۲m |
| ... |
| گروه Nm |

≤۱۶۰۰۰

**شکل ۱۴. نتایج حاصل از اجرای گام هشتم بر روی مثال عددی**

**Pseudo-code of the proposed method**

```
Input: U (list of all input users)
Output: P (final user list)
Variables:
var u_i: each user in U
var G: [initially empty] set of all groups inferred from U
var g_k: each group in G
var u'_i: each user in g_k
var g'_i: each group u'_i is or was a member or admin
var R: [initially empty] migration list
var g_r: each group in R
var h : count of g_r members
var L: [initially empty] set of all groups inferred from U
var g_l: each group in L
var u''_i: each user in g_l
var g''_i: each group u''_i is or was a member or admin
var R': [initially empty] admin migration list
var g_r': each group in R'
var E: [initially empty]  set to store the union of  R and R'
var g_e: each group in E
var h' : count of g_e members
var T : a temporary list
Pseudo-code:
for each user u_i in U:
        G.append(u_i groups); // all groups associated with u_i by any relation is appended to G
for g_k in G:
    for u'_i in g_k:
        if status of u'_i is F: // if u'_i is a former member
            for g'_i in u'_i groups:
                if status of u'_i in g'_i  is C or A: // if u'_i is a current member or admin
                    R.append(g'_i);
if status of  u_i in U is A: // if u_i is a admin (There is at least one user with admin status Among  incoming users)
        L.append(u_i groups); // all groups associated with u_i by any relation is appended to L
        for g_l in L:
            for u''_i in g_l:
                if status of u''_i is F: // if u''_i is a former member
                    for g''_i in u''_i groups:
                        if status of u''_i in g''_i  is C or A: // if u''_i is a current member or admin
                            R'.append(g''_i);
        for each g_r in R:
            E. append (g_r)
        for each g_r' in R':
            if not E.contains(g_r') then E.append (g_r') // remove common groups  in two sets R and R'
        for each group g_e in E:
            set h' = count of g_e members;
        Set T = a list of users of  g_es  with highest h'/M * log10 M * ((G_C/M * ∛M) * (M/G_A * 1/∛M) * (M/G_F * 1/∛M));
                // M is the number of group members.
                // G_C is the number of users with current status in the group.
                // G_A is the number of users with Admin status in the group.
                // G_F is the number of users with Former status in the group.

        while P.length() < desired number of output users:
            P.append(T.pop()); // one of users from T is appended to P and removed from T
        return P;

else if status of  u_i in U is not A: // if u_i isn't a admin (There are no users with admin status among incoming users)
        for each group g_r in R:
            set h = count of g_r members;
        Set T = a list of users of  g_rs  with highest h/M * log10 M * ((G_C/M * ∛M) * (M/G_A * 1/∛M) * (M/G_F * 1/∛M));
                // M is the number of group members.
                // G_C is the number of users with current status in the group.
                // G_A is the number of users with Admin status in the group.
                // G_F is the number of users with Former status in the group.

        while P.length() < desired number of output users:
            P.append(T.pop()); // one of users from T is appended to P and removed from T
        return P;
```

**شکل ۱۳. شبه کد نهایی روش پیشنهادی**

## ۴. نتایج تجربی

در این بخش ابتدا به بیان داده‌های جمع‌آوری‌شده و روش ارزیابی پرداخته شده است و سپس نتایج آزمایش‌ها بررسی و تحلیل می‌شود.

### ۱,۴ داده‌های جمع‌آوری‌شده و محیط پیاده‌سازی

داده‌های استفاده‌شده در این پژوهش، داده‌هایی واقعی از پیام‌رسان تلگرام است که توسط سامانه ایده‌کاو به‌دست‌آمده‌اند. ایده‌کاو دارای خوشه‌ای از خزنده‌ها همانند خزش‌گرهای وب است. خزش‌گرهای ایده‌کاو با ورود به لینک‌های جدید، عضو گروه‌ها می‌شوند. هریک از خزش‌گرها به‌صورت لحظه‌ای پس از عضویت در هر گروه تمامی اطلاعات آن را ازجمله کاربر جدید و پیام‌های گروه دریافت می‌کند. این اطلاعات توسط خزش‌گر به بخش مدیریت اطلاعات ارسال می‌شود. در بخش مدیریت، داده‌هایی که توسط خزش‌گر به‌دست‌آمده است، بررسی می‌شود و گروه‌های هرزنامه جهت ترک و

لینک‌های جدید جهت عضویت به خزش‌گر ارسال می‌شود. اطلاعات خزش‌گر در خوشه‌ای از شاخص‌های معکوس[۱] ذخیره می‌شود. این کار باعث جستجوی سریع کلمات کلیدی می‌شود. درنهایت، سرویس جستجوی ایده‌کاو که بر اساس جست‌وجوگر لوسین[۲] است، به‌صورت مستقیم از شاخص‌ها پرس‌وجو می‌کند [۲۸]. اطلاعات مورداستفاده در این مقاله شامل بیش از ۹۰۰ هزار سوپرگروه و ۱۲۰ میلیون کاربر است. ما در این مقاله از یک گراف که کاربران را بر اساس گروه مشترک به یکدیگر متصل می‌نماید، بهره برده‌ایم. اطلاعات دقیق داده‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۲ میانگین تعداد اعضای کل گروه‌ها ۱۱۳۶ است، این نکته بیانگر این است که بسیاری از گروه‌های تلگرام تعداد اعضایشان در بازه هزار تا دوهزار است. پیاده‌سازی و ارزیابی گام‌های روش پیشنهادی در یک سیستم ۶۴ بیتی core-i۷ با ۸ گیگابایت رم[۳] انجام شده است. گراف عضویت کاربران به‌صورت جدولی در پایگاه داده Mysql پیاده‌سازی شده است. همچنین، از زبان برنامه‌نویسی پایتون[۴] برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و پیاده‌سازی الگوریتم‌ها استفاده شده است.

**جدول ۲. آمار داده‌های تلگرام**

| تعداد کاربران | تعداد سوپرگروه‌ها | میانگین تعداد اعضای گروه‌ها |
|---|---|---|
| ۱۲۵۲۶۹۵۲۲ | ۹۲۰۸۱۰ | ۱۱۳۶ |

## ۲,۴ روش ارزیابی

در این مقاله ارزیابی روش پیشنهادی به‌وسیله گروه‌های تخصصی در تلگرام انجام شده است. گروه‌های تخصصی گروه‌هایی باکیفیت در تلگرام هستند که اعضا در آنان، پیام‌هایی حول موضوع گروه ارسال می‌نمایند. ما در این مقاله، ۱۰۰ گروه تخصصی و باکیفیت را با بررسی خبره انتخاب کرده‌ایم. اطلاعات نام و تعداد اعضای ۱۰۰ گروه منتخب در جدول ۳ نشان داده شده است. میانگین تعداد اعضای گروه‌های منتخب ۱۳,۸۹۳ است. دلیل انتخاب گروه‌هایی تخصصی جهت ارزیابی این است که تمامی اعضای این گروه‌ها، کاربرانی هستند که واقعاً به موضوع گروه علاقه‌مندند و در گروه پیام‌هایی نامرتبط با موضوع گروه ارسال نمی‌نمایند.

ارزیابی میزان پیش‌بینی و خطای گام‌های روش پیشنهادی، به‌وسیله هریک از ۱۰۰ گروه تخصصی به‌صورت جداگانه انجام شده است. برای ارزیابی گام‌ها توسط هر گروه تخصصی، اعضای گروه به دو بخش ۸۰ درصد جهت آموزش و ۲۰ درصد جهت بررسی میزان پیش‌بینی و خطا، تقسیم شده‌اند. به‌طورکلی روش ارزیابی بدین‌صورت است که برای هر گروه تخصصی، ابتدا ۸۰ درصد کاربران گروه، به ورودی هر یک از گام‌های روش پیشنهادی داده می‌شود، سپس در هر گام به‌صورت جداگانه گروه‌هایی رتبه‌بندی شده به دست می‌آید. کاربران گروه‌ها، به ترتیب فهرست تا رسیدن به مجموعه‌ای کاربر با تعداد موردنظر با یکدیگر ادغام می‌شوند. تعداد کاربر موردنظر، درواقع خط پایانی است که تعیین‌کننده تعداد کاربر موجود در فهرست کاربران نهایی پیشنهاد شده توسط توصیه‌گر است. به‌عنوان‌مثال تعداد کاربر موردنظر را می‌توان ۱۰، ۲۰، ۳۰ برابر مجموعه کاربر ورودی و یا هر مقدار دلخواهی تعیین نمود. در این مقاله تعداد کاربر موردنظر، ۱۰برابر مجموعه کاربر ورودی در نظر گرفته شده است. درنهایت، برای هر گام پس از دست‌یابی به مجموعه کاربران نهایی، میزان پیش‌بینی و خطا با استفاده از ۲۰ درصد کاربر نگهداری شده، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

**جدول ۳. مشخصات ۱۰۰ گروه مورد ارزیابی**

| شماره گروه | نام گروه | تعداد اعضا | شماره گروه | نام گروه | تعداد اعضا |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | انجمن تخصصی گردو ایران | ۱۶۶۵۸ | ۵۱ | دامپزشکی تخصصی اسب | ۱۰۴۴۲ |
| ۲ | اعلام بار آذرابادگان سراسری و بین‌المللی | ۱۳۶۹۰ | ۵۲ | ابر گروه سنگ فروشان | ۱۰۷۴۱ |
| ۳ | اعلام بار ستاره بار | ۱۲۲۴۰ | ۵۳ | اعلام بار جامع کفی بندرعباس | ۱۷۳۰۳ |
| ۴ | گروه کشاورزی خاورمیانه | ۱۰۰۸۲ | ۵۴ | گروه گیاهی و تخصصی "طب الرضا" | ۱۰۲۴۷ |
| ۵ | گروه مهندسان، پیمان‌کاران راه و ساختمان | ۱۱۱۵۴ | ۵۵ | گروه کوهنوردی اسطوره ایران زمین | ۱۵۷۲۹ |
| ۶ | گروه گفتمان بورسی | ۱۴۳۴۰ | ۵۶ | گروه پرسش و پاسخ گل و گیاه نگار | ۱۱۱۶۲ |
| ۷ | آزمون نظام مهندسی | ۱۴۰۹۳ | ۵۷ | گروه انجمن شهرسازی ایران | ۱۱۸۶۷ |
| ۸ | گروه صنعت کیف و کفش خاص | ۱۵۶۵۶ | ۵۸ | گروه تخصصی آبزیان آکواریومی | ۱۴۶۶۵ |
| ۹ | خریدوفروش خانه در تورنتو | ۱۵۴۳۸ | ۵۹ | آکادمی رنگ و میکاپ تخصصی | ۱۰۰۴۰ |
| ۱۰ | سلامت و پزشکی (توس طب) | ۱۰۰۱۸ | ۶۰ | گروه تخصصی املاک شرق گیلان | ۱۳۹۳۸ |
| ۱۱ | فروشگاه تخصصی لباس و کفش کودک | ۱۰۶۷۳ | ۶۱ | پرسش و پاسخ داروخانه سلامت | ۱۴۶۸۴ |
| ۱۲ | آکادمی فوق تخصصی آرایشی | ۱۶۰۳۸ | ۶۲ | پرسش و پاسخ تندرستی با طب سنتی | ۱۲۷۰۷ |

[۱] Inverted index
[۲] Lucene
[۳] Ram
[۴] Python

| شماره گروه | نام گروه | تعداد اعضا | شماره گروه | نام گروه | تعداد اعضا |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳ | گروه تخصصی نماز | ۱۴۸۷۸ | ۶۳ | گروه حل فوری مشکلات کامپیوتری | ۱۰۷۹۸ |
| ۱۴ | آموزش تخصصی شنا ویژه بانوان | ۱۰۴۱۷ | ۶۴ | چالش‌های مهاجرت و پناهندگی آمریکا | ۱۰۶۶۶ |
| ۱۵ | آکادمی تخصصی بدن‌سازی آدرنالین | ۱۶۸۶۸ | ۶۵ | خریدوفروش لندکروز و قطعات | ۱۰۱۸۳ |
| ۱۶ | اعلام بار ملّی ایران خراسان | ۱۱۵۲۳ | ۶۶ | سوپر گروه روان‌شناسان | ۱۴۱۸۴ |
| ۱۷ | بزرگ‌ترین گروه کناف و فن‌آوری ساختمان | ۱۷۹۶۲ | ۶۷ | اعلام بارهای صادراتی | ۱۱۴۶۵ |
| ۱۸ | گروه انواع برند و قطعات خودرو GSR | ۱۸۲۸۲ | ۶۸ | بررسی مهاجرت یونان | ۱۳۹۱۰ |
| ۱۹ | شبکه بزرگ اعلام بار آریا | ۱۸۷۱۷ | ۶۹ | پرسش و پاسخ حقوق مهندسی ایران | ۱۵۸۰۸ |
| ۲۰ | خریدوفروش تجهیزات کوهنوردی، سنگ‌نوردی | ۱۵۰۸۴ | ۷۰ | گروه تخصصی همفکری رولت، بت، پوکر | ۱۴۰۸۰ |
| ۲۱ | گروه بهترین رمان‌ها (نقد و بررسی رمان) | ۱۸۸۳۰ | ۷۱ | چالش‌ها و روش‌های مهاجرت به آلمان | ۱۲۴۴۵ |
| ۲۲ | مشاوره‌ی تخصصی پوست/مو | ۱۹۶۲۱ | ۷۲ | کتابخونه تخصصی روانشناسی | ۱۱۸۴۰ |
| ۲۳ | کلینیک مشاوره ورزشی (فیت استایل) | ۱۹۶۰۱ | ۷۳ | برق و صنعت ساختمان | ۱۱۳۴۶ |
| ۲۴ | آموزش رایگان بورس ویژه فرهنگیان | ۱۹۲۴۴ | ۷۴ | اعلام بار آنلاین (اورجینال) اصفهان | ۱۲۵۰۵ |
| ۲۵ | تخصصی تأسیسات صنعتی و فوق صنعتی | ۱۹۳۳۲ | ۷۵ | بزرگ‌ترین گروه طب سنتی و مدرن | ۱۵۸۹۳ |
| ۲۶ | پیوند مهندسین ایرانی - ترکیه‌ای در استانبول | ۱۵۰۱۱ | ۷۶ | گروه صنعت کفش ایران- تبریز | ۱۵۸۴۰ |
| ۲۷ | انجمن نرم‌افزاری اندروید | ۱۲۷۲۹ | ۷۷ | انجمن سلامتی و طب سنتی | ۱۰۲۲۳ |
| ۲۸ | گروه تحلیل رایگان طلا، سکه، دلار | ۱۰۸۲۶ | ۷۸ | آموزش زبان ترکی استانبولی | ۱۳۲۹۳ |
| ۲۹ | اطلاعات جامع آلمان | ۱۰۲۲۳ | ۷۹ | گروه تخصصی کفش در ایران | ۱۴۶۱۵ |
| ۳۰ | اعلام بار ده هزار نفری استان کرمانشاه | ۱۰۳۰۱ | ۸۰ | نمایشگاه قطعات خودرو | ۱۴۶۰۷ |
| ۳۱ | انجمن زعفران کاران خراسان بزرگ | ۱۴۷۳۵ | ۸۱ | سوپر گروه رانندگان و کامیون‌داران | ۱۴۵۹۴ |
| ۳۲ | گروه تجارت طیور ایران (محبی) | ۱۴۶۰۷ | ۸۲ | اعلام بار خاور (مسقف داران) سراسری ایران | ۱۰۷۷۹ |
| ۳۳ | کانون اساتید حق‌التدریس دانشگاه‌ها و مؤسسات | ۱۰۳۶۰ | ۸۳ | تیم تخصصی تناسب اندام آکالاین | ۱۳۱۵۱ |
| ۳۴ | بزرگ‌ترین پارک مشاوره‌ای تخصصی کودکان | ۱۵۳۶۱ | ۸۴ | گروه تخصصی نمایش | ۱۳۵۱۵ |
| ۳۵ | Temporary Resident Visas (Canada) | ۱۶۷۷۹ | ۸۵ | طبیب طب ایرانی | ۱۰۰۴۵ |
| ۳۶ | آموزش تخصصی میکروبلیدینگ | ۱۵۱۳۸ | ۸۶ | مشاور طب سنتی | ۱۱۱۴۲ |
| ۳۷ | کمپین شهرسازان نوین | ۱۵۷۰۷ | ۸۷ | گروه روانشناسی و پرسش و پاسخ | ۱۲۰۹۴ |
| ۳۸ | گروه پرسش و پاسخ کامپیوتری | ۱۲۷۹۸ | ۸۸ | گروه تحلیلی و آموزش بورس آریا | ۱۲۱۲۹ |
| ۳۹ | سؤالات تخصصی فقط پوست | ۱۱۵۵۴ | ۸۹ | گروه نقد و تحلیل ارزهای دیجیتال | ۱۵۷۸۹ |
| ۴۰ | گروه سنگین خودرو | ۱۱۲۴۹ | ۹۰ | پایانه اعلام بار سراسری نیسان. سه تن. | ۱۰۷۸۲ |
| ۴۱ | اعلام بار کمپرسی و اطاق‌دار بدون گپ و گفت | ۱۱۸۰۲ | ۹۱ | صنعت نوین ساختمان | ۱۶۴۷۴ |
| ۴۲ | اعلام بار خاوری (سراسری) شمال مازندران | ۱۶۲۷۲ | ۹۲ | نورپردازی و عکاسی پرتره | ۱۱۱۷۵ |
| ۴۳ | پایگاه تخصصی ورزشی نشاط | ۱۴۵۶۶ | ۹۳ | سوپر گروه برق الکترونیک | ۱۶۳۸۵ |
| ۴۴ | سامانه کاریاب استان یزد | ۱۲۹۵۰ | ۹۴ | گروه بررسی تخصصی سلاح‌های بادی | ۱۶۹۷۶ |
| ۴۵ | مشاور تخصصی داروهای گیاهی ارگانیک | ۱۳۸۷۳ | ۹۵ | مهندسی آثار باستانی | ۱۲۰۵۹ |
| ۴۶ | گروه تحلیل سهم بورس | ۱۳۰۳۸ | ۹۶ | سوپر گروه عمده‌فروشان تهران | ۱۵۱۱۳ |
| ۴۷ | صنف ابزار و لوازم ساختمانی | ۱۳۶۳۷ | ۹۷ | اعلام بار پیمان پیام میبد، یزد | ۱۹۳۹۷ |
| ۴۸ | گروه اعلام بار سراسری ایرانیان | ۱۳۲۳۹ | ۹۸ | اندیشکده تخصصی رسانه | ۱۵۴۶۰ |
| ۴۹ | گروه مهندسی معماری مهان دیزاین | ۱۸۴۵۹ | ۹۹ | گروه تخصصی پکیج و موتورخانه | ۱۶۹۳۷ |
| ۵۰ | پرسش و پاسخ الوبورس | ۱۸۲۰۴ | ۱۰۰ | پارچه سرای کریمی | ۱۴۲۶۹ |

در این مقاله برای بررسی میزان کارایی روش پیشنهادی تنها از معیار خطا استفاده شده است. استفاده از معیارهای دقت[۱]، صحت[۲] و فراخوانی[۳] برای این روش امکان‌پذیر نیست؛ دلیل آن هم این است که ما طبق آزمایش‌هایی مشاهده کردیم به‌عنوان‌مثال برای بررسی معیار دقت با افزایش تعداد گروه‌ها و تعداد کاربران، دقت کاهش می‌یابد. دلیل کاهش دقت این است که تعداد کاربر درست پیش‌بینی‌شده وقتی تقسیم بر کل تعداد (درست و نادرست) کاربران پیش‌بینی‌شده می‌شود، مقدار صورت نمی‌تواند به‌اندازه مخرج افزایش یابد و رفته‌رفته باعث کاهش دقت می‌شود.

معیارهای استفاده شده در این مقاله جهت بررسی مدل پیشنهادی، معیار خطای جذر میانگین مربع‌ها و خطای میانگین قدرمطلق‌ها است. خطای جذر میانگین مربع‌ها و میانگین قدرمطلق‌ها روش‌هایی جهت بررسی پیش‌بینی مدل هستند که با بیان میزان خطا، اثربخشی آن را نشان می‌دهند. خطای جذر میانگین مربع‌ها و خطای میانگین قدرمطلق‌ها به‌ترتیب طبق رابطه (۸) و (۹) محاسبه می‌شود.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(Predicted_i - Actual_i)^2}{N}} \quad (۸)$$

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}|Predicted_i - Actual_i| \quad (۹)$$

در رابطه (۸) و (۹)، $Predicted_i$ مجموعه پیش‌بینی و شامل مجموعه‌ای از صفرها و یک‌ها است. صفر بیان‌گر این است که پیش‌بینی مدل درست بوده است و یک بیانگر عکس آن است. $Actual_i$ مجموعه واقعی و شامل مجموعه‌ای از صفرها است که بیانگر مجموعه کاربران نگه‌داری شده (آزمون) است. $N$ مجموعه خطاهای کاربران پیشنهادی است. برای هر یک از ۱۰۰ گروه مورد ارزیابی، با توجه به نتایج حاصل از اجرای گام‌ها، مجموعه پیش‌بینی و مجموعه واقعی به‌صورت جداگانه ایجاد و سپس هر یک از دو خطا محاسبه می‌شود.

## ۳,۴ نتایج آزمایش‌ها

هر یک از ۱۰۰ گروه به‌صورت جداگانه آزمایش شده است. بخشی از نتایج ارزیابی گام‌های روش پیشنهادی بر روی ۱۰۰ گروه، در جدول ۴ و ۵ نشان داده شده است. به‌دلیل حجم بالای نتایج ارزیابی گام‌ها، تنها شمایی از نتایج در جدول ۴ و ۵ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۴ و ۵ برای هر گام از روش پیشنهادی، چهار ستون در نظر گرفته شده است. ستون اول بیانگر تعداد گروه است. ستون دوم، تعداد کاربران به‌دست‌آمده بر اساس کاربران گروه‌ها را نشان می‌دهد. ستون‌های سوم و چهارم به ترتیب بیانگر خطای $RMSE$ و $MAE$ هستند. به‌عنوان‌مثال گروه شماره ۶ از جدول ۴ را در نظر بگیرید. طبق جدول ۳، ۸۰ درصد تعداد اعضای این گروه، ۱۱۴۷۲ است. هدف ارزیابی در این گروه، رسیدن به تعداد ۱۱۴۷۲۰ کاربر است.

طبق جدول ۴، این گروه در گام اول، توانسته است با افزودن کاربران ۳ گروه، حداکثر به ۱۰۲۸۴۶ کاربر برسد. برای این گروه در گام اول، خطای $RMSE$، ۰,۹۱۶ و خطای $MAE$، ۰,۸۱۴ است. شکل ۱۵ نتایج میانگین دو خطای $RMSE$ و $MAE$ را بر روی ۱۰۰ گروه مورد ارزیابی بر اساس نتایج حاصل از جدول ۴ و ۵ نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱۵، گام چهارم در مقایسه با دیگر گام‌ها، خطای $RMSE$ و $MAE$ کمتری دارد. این گام توانسته است نسبت به گام اول که روشی با نام گروه‌های مشابه است، خطای $RMSE$ را به ۰,۰۸۱ و خطای $MAE$ را به ۰,۱۲۸ کاهش دهد. با توجه به کاهش خطاها در گام چهارم، این نکته مهم حاصل می‌شود که رتبه‌بندی گروه‌های کاربران ورودی بر اساس درصد اشتراک موجب بالا آمدن رتبه گروه‌های با تعداد عضو کم می‌شود و درنتیجه گروه‌های به‌دست‌آمده، پیش‌بینی درستی از کاربرانی مشابه با کاربران ورودی خواهند داشت. علاوه بر گام چهارم، به‌ترتیب گام‌های پنجم، ششم، هفتم، دوم و سوم نیز نسبت به گام اول خطای $RMSE$ را به ۰,۰۷، ۰,۰۶، ۰,۰۲، ۰,۰۰۹ و ۰,۰۰۷ و خطای $MAE$ را به ۰,۱۲۲، ۰,۰۹۹، ۰,۰۴، ۰,۰۱۸ و ۰,۰۱۲ کاهش داده‌اند. در بین هشت گام مورد بررسی، گام اول در جایگاه هفتم از میزان خطا و پیش‌بینی درست کاربران قرار دارد؛ گام هشتم تنها گام از روش پیشنهادی است که در مقایسه با گام اول خطای $RMSE$ را به ۰,۰۸ و خطای $MAE$ را به ۰,۱۵ افزایش داده است. البته گام هشتم در مقایسه با گام اول کیفیت گروه‌ها را نیز تضمین می‌نماید. با توجه به افزایش خطای گام هشتم، این نکته مهم حاصل می‌شود که درصورتی‌که گروه‌ها بر اساس نسبت نزولی سابق به اعضا رتبه‌بندی شوند، میزان پیش‌بینی کاهش و خطا افزایش می‌یابد. به‌طورکلی از گام اول تا چهارم میزان خطاها کاهش و از گام چهارم تا هشتم، میزان خطاها افزایش یافته است. با توجه به اینکه از گام ششم تا گام هشتم کیفیت افزایش می‌یابد، می‌توان گفت در گام ششم تا هشتم، خطا باکیفیت رابطه مستقیم دارد و با افزایش کیفیت، میزان خطا افزایش می‌یابد.

## ۴,۴ بحث و تجزیه‌وتحلیل نتایج

در این زیر بخش، نتایج جامع به‌دست‌آمده در جدول ۴ و ۵ تجزیه‌وتحلیل می‌شود. طبق نتایج حاصل از جدول ۴ و ۵، در گروه‌های شماره ۵، ۶، ۱۴، ۴۴، ۴۷، ۵۴، ۶۶، ۷۳ و ۸۰ گام اول و دوم با یکدیگر برابر شده است. دلیل برابری این دو گام این است که هنگامی‌که فهرست گروه‌های حاصل از گام اول به‌وسیله روش مهاجرت با گروه‌های دیگری جایگزین می‌شوند، برخی از گروه‌های جدید در گروه‌های حاصل از گام اول وجود دارند و همین دلیل باعث می‌شود تا پس از بررسی بیشترین اشتراک با مجموعه کاربران ورودی، فهرستی از همان گروه‌ها تشکیل شود.

[۱] Precision
[۲] Accuracy
[۳] Recall

**جدول ۴. شمایی از نتایج ارزیابی گام‌های ۱ تا ۴ بر روی ۱۰۰گروه (NG: تعداد گروه و NU: تعداد کاربر)**

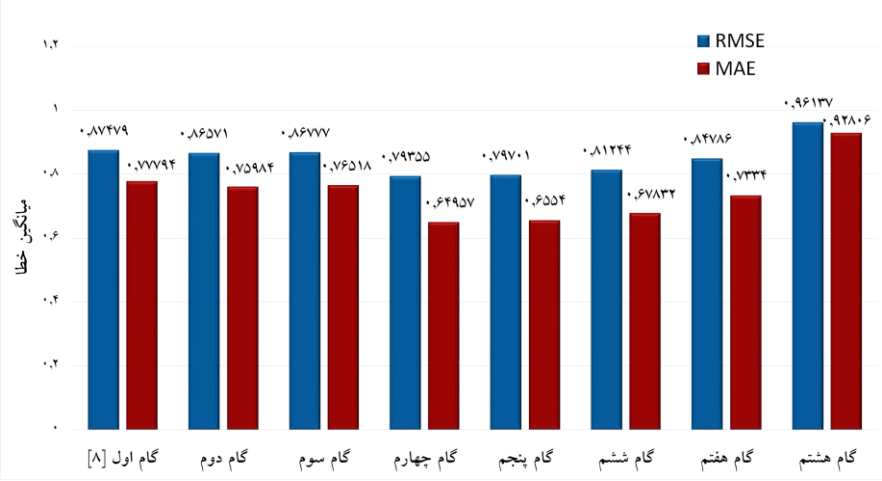
| شماره | گام ۱ [۱] | | | | گام ۲ | | | | گام ۳ | | | | گام ۴ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| گروه | NG | NU | RMSE | MAE | NG | NU | RMSE | MAE | NG | NU | RMSE | MAE | NG | NU | RMSE | MAE |
| ۱ | ۳ | ۱۲۲۲۵۲ | ۰,۹ | ۰,۸۱ | ۴ | ۱۲۵۶۹۲ | ۰,۷۱۱ | ۰,۵۰۶ | ۴ | ۱۲۵۶۹۲ | ۰,۷۱۱ | ۰,۵۰۶ | ۵۵ | ۱۲۰۰۴۰ | ۰,۶۳۹ | ۰,۴۰۸ |
| ۲ | ۱ | ۱۹۶۰۵۶ | ۰,۹۸۳ | ۰,۹۶۷ | ۳ | ۸۶۴۳۱ | ۰,۹۳۳ | ۰,۸۷ | ۳ | ۸۶۴۳۱ | ۰,۹۳۳ | ۰,۸۷ | ۲۲ | ۱۰۲۵۴۷ | ۰,۸۵۴ | ۰,۷۳ |
| ۳ | ۱ | ۱۹۶۰۵۶ | ۰,۸۲۶ | ۰,۶۸۳ | ۲ | ۸۵۹۶۰ | ۰,۸۷۸ | ۰,۷۷۱ | ۴ | ۹۱۸۱۰ | ۰,۸۴۷ | ۰,۷۱۸ | ۲۷ | ۹۳۸۶۳ | ۰,۸۲۶ | ۰,۶۸۳ |
| ۴ | ۱ | ۵۵۸۱۷ | ۰,۹۴۴ | ۰,۸۹۲ | ۳ | ۷۰۰۳۷ | ۰,۹۲۲ | ۰,۸۵ | ۳ | ۷۰۰۳۷ | ۰,۹۲۲ | ۰,۸۵ | ۴۰ | ۷۶۴۰۰ | ۰,۸۱۲ | ۰,۶۶ |
| ۵ | ۱ | ۸۲۶۷۱ | ۰,۹۵۵ | ۰,۹۱۲ | ۱ | ۸۲۶۷۱ | ۰,۹۵۵ | ۰,۹۱۲ | ۱ | ۸۲۶۷۱ | ۰,۹۵۵ | ۰,۹۱۲ | ۱۷ | ۸۱۸۵۵ | ۰,۸۲۴ | ۰,۶۷۹ |
| ۶ | ۳ | ۱۰۲۸۴۶ | ۰,۹۱۶ | ۰,۸۴ | ۳ | ۱۰۲۸۴۶ | ۰,۹۱۶ | ۰,۸۴ | ۹ | ۱۱۳۴۲۴ | ۰,۸۹۸ | ۰,۸۰۶ | ۳۵ | ۹۸۵۰۷ | ۰,۸۷۸ | ۰,۷۷ |
| ۷ | ۷ | ۱۱۰۷۵۷ | ۰,۸۴۲ | ۰,۷۰۹ | ۷ | ۱۱۰۹۸۲ | ۰,۸۶۱ | ۰,۷۴۲ | ۷ | ۱۰۴۵۴۰ | ۰,۸۶۴ | ۰,۷۴۶ | ۲۳ | ۱۱۱۴۷۲ | ۰,۸۳۷ | ۰,۷۰۱ |
| ۸ | ۲ | ۱۰۸۶۶۲ | ۰,۸۷۶ | ۰,۷۶۹ | ۳ | ۶۰۰۸۹ | ۰,۷۹۶ | ۰,۶۳۳ | ۵ | ۱۰۴۷۲۷ | ۰,۸۵۷ | ۰,۷۳۴ | ۴۰ | ۱۲۴۸۸۱ | ۰,۷۶۴ | ۰,۵۸۵ |
| ۹ | ۱۰ | ۱۲۲۵۶۸ | ۰,۶۸ | ۰,۴۶۳ | ۹ | ۱۲۰۸۹۲ | ۰,۶۷ | ۰,۴۵ | ۱۴ | ۱۱۸۹۸۱ | ۰,۶۶۶ | ۰,۴۴۴ | ۳۷ | ۱۱۹۶۸۹ | ۰,۶۲۱ | ۰,۳۸۵ |
| ۱۰ | ۱ | ۲۵۸۰۴ | ۰,۹۹۹ | ۰,۹۹۸ | ۴ | ۴۲۹۲۴ | ۰,۹۹۴ | ۰,۹۸۹ | ۲ | ۳۹۲۸۳ | ۰,۸۲۳ | ۰,۶۷۸ | ۳۰ | ۶۴۵۴۴ | ۰,۴ | ۰,۱۶ |
| ... | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۱۰۰ | ۱ | ۱۶۱۹۶۱ | ۰,۹۹۸ | ۰,۹۹۷ | ۳ | ۷۴۸۹۸ | ۰,۸۶۱ | ۰,۷۴۲ | ۲ | ۱۰۴۷۰۲ | ۰,۹۱۶ | ۰,۸۴ | ۶۴ | ۱۰۶۶۴۸ | ۰,۷۸۸ | ۰,۶۲۲ |
| میانگین | ۳,۱ | ۹۹۰۵۰,۲ | ۰,۸۷۴ | ۰,۷۷۷ | ۴,۱ | ۹۰۲۶۸,۱ | ۰,۸۶۵ | ۰,۷۵۹ | ۵,۰۵ | ۹۱۵۶۲,۹ | ۰,۸۶۷ | ۰,۷۶۵ | ۴۵,۸ | ۱۰۵۳۲۲,۲ | ۰,۷۹۳ | ۰,۶۴۹ |

**جدول ۵. شمایی از نتایج ارزیابی گام‌های ۵ تا ۸ بر روی ۱۰۰گروه (NG: تعداد گروه و NU: تعداد کاربر)**

| شماره گروه | گام ۵ | | | | گام ۶ | | | | گام ۷ | | | | گام ۸ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | NG | NU | RMSE | MAE | NG | NU | RMSE | MAE | NG | NU | RMSE | MAE | NG | NU | RMSE | MAE |
| ۱ | ۴۸ | ۱۳۱۲۷۳ | ۰,۶۳۱ | ۰,۳۹۸ | ۲۷ | ۱۳۳۱۱۱ | ۰,۶۸۵ | ۰,۴۷ | ۱۳ | ۱۲۵۴۹۸ | ۰,۷۱۹ | ۰,۵۱۷ | ۱۱ | ۱۲۹۳۶۳ | ۰,۹۶۸ | ۰,۹۳۸ |
| ۲ | ۱۹ | ۱۰۸۳۲۱ | ۰,۸۵۳ | ۰,۷۲۸ | ۱۳ | ۱۰۱۲۵۸ | ۰,۸۵۸ | ۰,۷۳۶ | ۱۲ | ۸۴۳۹۳ | ۰,۸۶۱ | ۰,۷۴۱ | ۸ | ۱۰۲۱۰۹ | ۰,۹۵۹ | ۰,۹۲۱ |
| ۳ | ۱۶ | ۸۷۴۱۱ | ۰,۸۳ | ۰,۶۸۹ | ۱۳ | ۸۲۱۶۴ | ۰,۸۴۶ | ۰,۷۱۶ | ۸ | ۹۱۸۲۵ | ۰,۸۳۳ | ۰,۶۹۴ | ۶ | ۹۴۵۴۷ | ۰,۹۵ | ۰,۹۰۲ |
| ۴ | ۲۴ | ۶۸۴۸۵ | ۰,۸۲۵ | ۰,۶۸۱ | ۷ | ۷۰۰۷۵ | ۰,۸۸۶ | ۰,۷۸۵ | ۶ | ۵۰۰۱۳ | ۰,۹۲۴ | ۰,۸۵۵ | ۴ | ۷۵۲۲۶ | ۰,۹۹۸ | ۰,۹۹۷ |
| ۵ | ۱۱ | ۸۵۸۱۸ | ۰,۸۱۷ | ۰,۶۶۸ | ۷ | ۸۳۹۰۱ | ۰,۹۱۱ | ۰,۸۳۱ | ۱ | ۱۸۷۶۸ | ۰,۹۵۳ | ۰,۹۰۹ | ۶ | ۷۰۸۷۷ | ۰,۹۷۹ | ۰,۹۵۹ |
| ۶ | ۲۱ | ۱۱۳۵۶۱ | ۰,۸۷۱ | ۰,۷۵۸ | ۱۲ | ۱۱۳۹۵۸ | ۰,۸۸۲ | ۰,۷۷۸ | ۷ | ۱۱۱۸۰۲ | ۰,۸۷۸ | ۰,۷۷۲ | ۵ | ۱۰۷۴۵۲ | ۰,۹۹۸ | ۰,۹۹۷ |
| ۷ | ۱۷ | ۱۰۷۴۰۸ | ۰,۸۴۲ | ۰,۷۰۹ | ۱۳ | ۱۱۰۶۳۳ | ۰,۸۴۶ | ۰,۷۱۵ | ۱۰ | ۱۰۶۴۵۵ | ۰,۸۸۷ | ۰,۷۸۷ | ۶ | ۱۰۵۲۲۶ | ۰,۹۹۹ | ۰,۹۹۸ |
| ۸ | ۳۱ | ۱۱۷۸۰۶ | ۰,۷۶۵ | ۰,۵۸۵ | ۲۳ | ۱۲۱۴۷۰ | ۰,۷۶۸ | ۰,۵۹ | ۸ | ۱۲۴۳۱۲ | ۰,۷۷۷ | ۰,۶۰۴ | ۹ | ۱۱۵۵۵۶ | ۰,۹۱۹ | ۰,۸۴۶ |
| ۹ | ۳۴ | ۱۱۷۵۰۸ | ۰,۶۲۱ | ۰,۳۸۶ | ۲۰ | ۱۱۶۴۴۴ | ۰,۶۳ | ۰,۳۹۷ | ۱۷ | ۱۱۹۴۲۳ | ۰,۶۶۷ | ۰,۴۴۴ | ۲۲ | ۱۲۲۱۳۱ | ۰,۸۳۶ | ۰,۷ |
| ۱۰ | ۲۹ | ۷۹۹۹۱ | ۰,۴ | ۰,۱۶ | ۲۴ | ۷۵۷۲۸ | ۰,۳۹۸ | ۰,۱۵۸ | ۱۳ | ۶۴۹۷۳ | ۰,۴۰۳ | ۰,۱۶۳ | ۶ | ۷۷۳۰۲ | ۰,۸۵۴ | ۰,۷۳ |
| ... | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۱۰۰ | ۴۶ | ۱۰۴۵۶۱ | ۰,۷۷۹ | ۰,۶۰۷ | ۸ | ۸۷۵۰۱ | ۰,۷۸۷ | ۰,۶۱۹ | ۷ | ۸۷۷۳۹ | ۰,۸۱۶ | ۰,۶۶۶ | ۱۱ | ۱۱۰۰۰۳ | ۰,۹۷۶ | ۰,۹۵۳ |
| میانگین | ۳۱,۳ | ۱۰۲۴۲۰,۲ | ۰,۷۹۷ | ۰,۶۵۵ | ۱۵,۱ | ۱۰۱۹۳۶,۸ | ۰,۸۱۲ | ۰,۶۷۸ | ۸,۳ | ۹۶۷۲۵,۹ | ۰,۸۴۷ | ۰,۷۳۳ | ۸,۹ | ۱۰۵۰۷۳,۰۶ | ۰,۹۶۱ | ۰,۹۲۸ |

در گروه‌های شماره ۵، ۴۷ و ۷۳ گام اول تا سوم با یکدیگر برابر شده‌اند. با توجه به برابر شدن گام اول و دوم که در پاراگراف قبل بیان شد، دلیل آنکه این دو گام با گام سوم برابر شده‌اند، این است که در این گروه‌ها، هیچ‌کدام از کاربران ورودی دارای وضعیت ادمین نیستند. همچنین برابری گام دوم و سوم در گروه‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۱۳، ۱۶، ۱۹، ۲۰، ۲۳، ۲۹، ۳۴، ۳۷، ۴۱، ۴۵، ۴۷، ۴۸، ۵۱، ۵۵، ۶۰، ۶۱، ۶۷، ۷۰، ۷۳، ۷۴، ۷۸، ۷۹، ۸۱، ۸۲، ۸۸، ۸۹، ۹۱، ۹۸ و ۹۹ نیز مشاهده شده است.

گروه‌های شماره ۲، ۳، ۱۲، ۱۶، ۱۹، ۲۷، ۳۰، ۴۱، ۴۸، ۵۳، ۵۶، ۵۹، ۶۲، ۸۱، ۸۷، ۹۰، ۹۷ و ۱۰۰ در گام اول و گروه‌های شماره ۲۸، ۳۹، ۶۲، ۸۳ و ۸۵ در گام دوم تعداد گروه موردنیازشان یک و تعداد کاربر به‌دست‌آمده بیشتری از تعداد کاربر موردنظر دارند. در گروه‌های مورد ارزیابی مذکور، در گام موردنظر، گروهی که در ابتدای فهرست پیشنهادی قرارگرفته است، تعداد اعضایش از تعداد کاربر موردنظر بیشتر است، به همین دلیل، عملیات (ادغام کاربران گروه‌ها) در همان مرحله متوقف و کاربران همان یک گروه، توصیه می‌شوند. این اتفاق برای ۱۸ گروه مورد ارزیابی در گام اول و ۵ گروه مورد ارزیابی در گام دوم رخ‌داده است. دلیل این رخداد در گام اول و دوم وجود گروه‌های با تعداد عضو زیاد در ابتدای فهرست گروه‌ها است. اینکه این رخداد در گام دوم نسبت به گام اول کاهش یافته است، بیانگر این می‌باشد

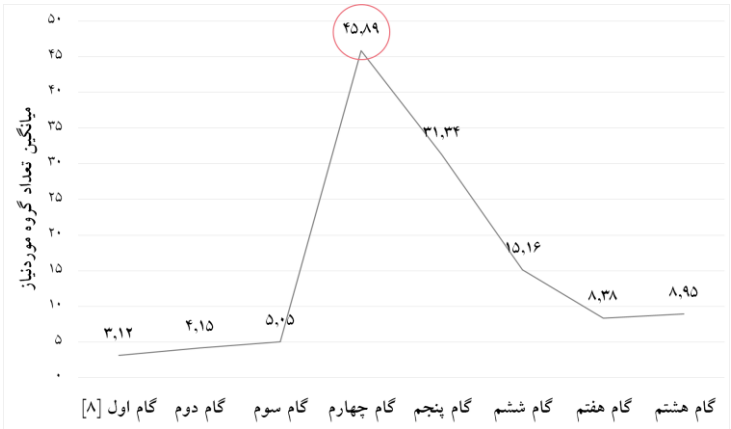



**شکل ۱۵. میانگین خطای RMSE و MAE برای ۱۰۰ گروه (مقایسه گام‌های روش پیشنهادی با روش مقاله [۸])**

که رتبه‌بندی گروه‌ها بر اساس فهرست مهاجرت یافته نسبت به فهرست گروه‌های گام اول اثر رتبه‌بندی گروه‌های با تعداد عضو زیاد را کاهش می‌دهد. دلیل اینکه در دیگر گام‌ها همچنین رخدادی مشاهده نمی‌شود، این است که از گام چهارم که تعداد مشترک، بر تعداد اعضا تقسیم می‌شود، اثر رتبه‌بندی گروه‌های با تعداد عضو زیاد خنثی شده است. طبق جدول ۳، گروه‌های شماره ۲، ۳، ۱۶، ۱۹، ۳۰، ۴۱، ۴۸، ۵۳، ۵۶، ۵۹، ۸۱، ۸۷، ۹۰، ۹۷ دارای نام‌های مشابهی در حوزه باربری و اعلام بار هستند. با توجه به نتایج ارزیابی گام اول در این گروه‌ها، مشخص است که اکثر اعضای این گروه‌ها در گروهی با تعداد اعضای ۱۹۶۰۵۶ عضو هستند؛ چراکه تمامی گروه‌های مذکور در گام اول با یک گروه و تعداد اعضای ۱۹۶۰۵۶ متوقف شده‌اند. این نکته به همان تعریف گام اول که گروه‌ها بر اساس بیشترین تعداد عضو مشترک با کاربران ورودی رتبه‌بندی می‌شوند، اشاره دارد که نتیجه آن نیز بالا آمدن رتبه گروه‌های با تعداد عضو زیاد است.

با بررسی میانگین خطای گام‌ها در جدول ۴ و ۵، گروه شماره ۱۰ از گام اول تا چهارم، به‌عنوان گروهی با کمترین خطا در بین تمامی گروه‌ها، خطای $RMSE$ را به‌اندازه ۰,۵۹۹ و خطای $MAE$ را به‌اندازه ۰,۸۳۸ کاهش داده است. همچنین از گام اول تا چهارم، گروه شماره ۹۲ به‌عنوان گروهی با بیشترین خطا در بین تمامی گروه‌ها، خطای $RMSE$ را به ۰,۰۵۸ و خطای $MAE$ را به ۰,۰۸۵ افزایش داده است. کیفیت گروه‌ها نیز از گام ششم تا هشتم افزایش می‌یابد و همچنین خطا در این گام‌ها به ترتیب افزایش یافته است. با توجه به این نکته می‌توان به این نتیجه دست‌یافت که در گام‌های ششم تا هشتم کیفیت با خطا، رابطه مستقیم دارد.

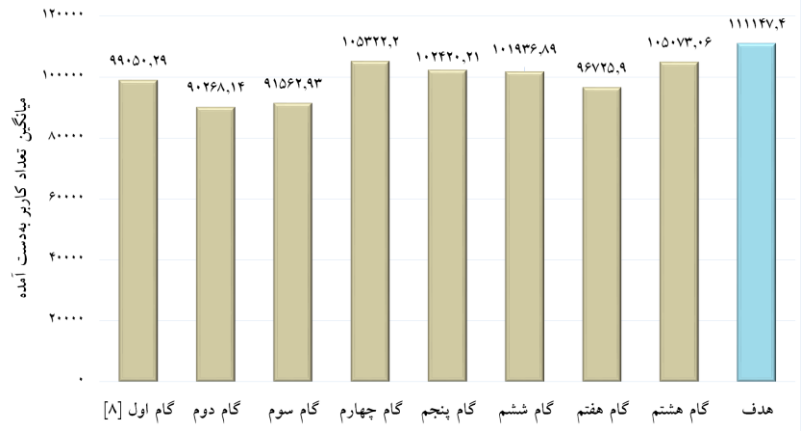
با توجه به جدول ۴ و ۵، علاوه بر خطا، هر یک از گام‌ها بر اساس تعداد گروه مورد نیاز و تعداد کاربر به‌دست‌آمده نیز بررسی شده‌اند. طبق شیوه اجرای هر یک از گام‌ها که در بخش روش پیشنهادی بیان شد، خروجی هر گام، فهرستی از گروه‌های رتبه‌بندی شده می‌باشد که کاربران آن گروه‌ها به‌ترتیب تا رسیدن به فهرستی از کاربران با تعداد موردنظر با یکدیگر ادغام می‌شوند. هر یک از گام‌ها جهت دست‌یابی به فهرستی از کاربران (با تعداد موردنظر)، تعداد گروه‌های متفاوتی را با یکدیگر ادغام می‌نمایند. شکل ۱۶ گام‌ها را بر اساس تعداد گروه موردنیاز جهت دست‌یابی به فهرست کاربران با تعداد موردنظر، نشان می‌دهد. تعداد گروه‌های موردنیاز در هر یک از گام‌ها، هرچقدر کمتر باشد، آن گام توانسته است با تعداد گروه کمتری به فهرست کاربران نهایی (با تعداد موردنظر) دست یابد. البته اگر روشی با کمترین گروه مورد نیاز به فهرستی از کاربران دست یابد، ملاک بر




**شکل ۱۶. میانگین تعداد گروه موردنیاز هر گام**

خوب یا بد بودن آن روش نیست، چراکه تعداد اعضا در هر گروه متغیر است. درصورتی‌که روشی بتواند با کمترین تعداد گروه موردنیاز به بیشترین تعداد کاربر در فهرست نهایی نزدیک به تعداد کاربر موردنظر دست یابد، آن روش، روشی بهینه است. گام اول در مقایسه با تمامی گام‌ها توانسته است با تعداد گروه کمتری و با میانگین تعداد ۳,۱۲ گروه به فهرست کاربران نهایی با تعداد موردنظر دست یابد. در گام اول گروه‌های با تعداد اعضای زیاد همیشه در ابتدای فهرست گروه‌های رتبه‌بندی شده، قرار دارند و همین دلیل باعث می‌شود تا این گام، گروه کمتری نسبت به دیگر گام‌ها نیاز داشته باشد. در گام دوم و سوم با توجه به اینکه مهاجرت و مهاجرت کاربران ادمین ورودی به‌دست‌آمده است، اما باز هم گروه‌های با تعداد عضو زیاد در ابتدای فهرست قرار می‌گیرند. به‌دلیل اینکه در فهرست گروه‌های رتبه‌بندی شده گام‌های دوم و سوم، گروه‌های با تعداد عضو زیاد از ابتدای فهرست کاهش می‌یابند باعث می‌شود تا این دو گام نسبت به گام اول به تعداد گروه‌های بیشتری جهت دست‌یابی به فهرست کاربران نهایی با تعداد موردنظر نیاز داشته باشند. بدو از بین بردن رتبه‌بندی گروه‌های با تعداد عضو زیاد در گام چهارم است. در شکل ۱۶، ناحیه‌ای که با دایره قرمز رنگ نشان داده‌شده است، بیان‌کننده تعداد گروه موردنیاز در گام چهارم است که نسبت به‌تمامی گام‌ها به تعداد گروه بیشتری و با میانگین ۴۵,۸۹ جهت دست‌یابی به فهرست کاربران نهایی با تعداد موردنظر نیاز دارد. دلیل افزایش تعداد گروه در گام چهارم این است که هنگامی‌که مقدار $H$ بر $M$ تقسیم می‌شود، گروه‌ها بر اساس درصد موجود بودن کاربر از هر گروه رتبه‌بندی می‌شوند و این باعث رتبه‌بندی بهتر گروه‌های با تعداد عضو کم می‌شود. در گام پنجم به‌دلیل اینکه کسر حاصل از گام چهارم $(\frac{H}{M})$ بهبود یافته است، در فهرست گروه‌های رتبه‌بندی شده، گروه‌های با تعداد عضو کم از ابتدای فهرست کاهش یافته است و این گام به میانگین تعداد ۳۱,۳۴ گروه جهت دست‌یابی به فهرست کاربران نهایی با تعداد موردنظر نیاز دارد. در گام‌های ششم، هفتم و هشتم که رتبه‌بندی گروه‌های با کیفیت را تضمین می‌نمایند، تعداد گروه‌های مورد نیاز در گام ششم و هفتم رشد نزولی دارد و در گام هشتم صعود یافته است. دلیل نزولی بودن نمودار شکل۱۶ در گام‌های ششم و هفتم، این است که در فهرست گروه‌های رتبه‌بندی شده در این دو گام، گروه‌های با تعداد عضو کم پس از رتبه‌بندی گروه‌ها بر اساس درصد $G_C$ و $G_A$ به‌مراتب کاهش می‌یابند. همچنین دلیل این‌که در گام هشتم تعداد گروه موردنیاز افزایش یافته است این می‌باشد که در فهرست گروه‌های رتبه‌بندی شده در این گام گروه‌های با تعداد عضو کم، با رتبه‌بندی گروه‌ها بر اساس درصد $G_F$ کاهش یافته‌اند.

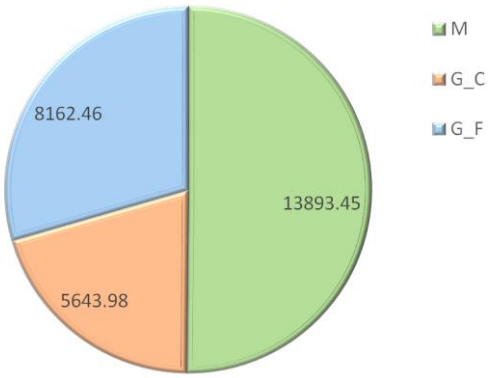
مقایسه‌ای دقیق‌تر از میانگین تعداد گروه موردنیاز، میانگین تعداد کاربر به‌دست‌آمده توسط هر یک از گام‌های روش پیشنهادی است. میانگین حداکثر تعداد کاربر به‌دست‌آمده توسط هر گام در شکل ۱۷ نشان داده شده است. در شکل ۱۷، علاوه بر میانگین تعداد کاربر به‌دست‌آمده توسط هریک از گام‌ها، میانگین هدف (تعداد کاربر موردنظر) برای ۱۰۰ گروه نیز نشان داده شده است. تعداد کاربران به‌دست‌آمده در هر گام، هرچقدر به تعداد کاربر هدف نزدیک‌تر باشد، آن گام بهتر توانسته است مجموعه کاربر نهایی (با تعداد موردنظر) را به‌دست آورد. در گام اول، به دلیل وجود برخی گروه‌های با تعداد عضو بیشتر از هدف، انتظار بر این بود تا شاهد بیشترین میانگین تعداد کاربر به‌دست‌آمده در این گام باشیم که این‌طور نیست. این گام پس از گام ششم در جایگاه پنجم از این مقایسه قرار دارد. گام‌های دوم و سوم به‌ترتیب با بررسی مهاجرت و مهاجرت کاربران ادمین ورودی، دارای کمترین میانگین تعداد کاربر به‌دست‌آمده، در بین دیگر گام‌ها هستند. گام چهارم، نزدیک‌ترین گام به مجموعه هدف است که دلیل آن نیز رتبه‌بندی گروه‌ها بر اساس تعداد عضو کم است. بر طبق شکل ۱۷، پس از گام چهارم تا گام هفتم، نمودار نزولی است که بیانگر دست‌یابی به مجموعه کاربرِ کمتری نسبت به هدف، در این گام‌ها است. سپس در گام هشتم، نمودار نزدیک به میانگین تعداد کاربر در گام چهارم شده است و توانسته است پس از گام چهارم بیشترین مجموعه‌ی کاربر، نزدیک به مجموعه هدف را به‌دست آورد.




**شکل ۱۷. میانگین تعداد کاربر به‌دست‌آمده توسط هریک از گام‌ها**

با توجه به شکل ۱۷، درصورتی‌که گام‌های روش پیشنهادی را با گام اول (روش گروه‌های مشابه) بر اساس تعداد کاربران به‌دست‌آمده مقایسه نماییم، این نکته مهم حاصل می‌شود که در بین گام‌های روش پیشنهادی، گام چهارم توانسته است با افزایش تعداد میانگین ۶۲۷۱,۹ کاربر نسبت به گام اول تعداد کاربران توصیه‌شده نهایی سامانه توصیه‌گر را افزایش دهد. البته گام چهارم که بهترین گام جهت به‌دست آوردن کاربران نهایی است، هنوز به‌طور میانگین تعداد ۵۸۲۵ کاربر تا رسیدن به هدف اختلاف دارد. علاوه بر گام چهارم، گام‌های پنجم، ششم و هشتم نیز به‌ترتیب به‌طور میانگین ۳۳۶۹,۹، ۲۸۸۶,۶ و ۶۰۲۲,۷ کاربر، نسبت به گام اول تعداد کاربران نهایی توصیه‌گر را افزایش داده‌اند. اما گام‌های دوم، سوم و هفتم به‌ترتیب به‌طور میانگین ۸۷۸۲,۱، ۷۴۸۷,۴ و ۲۳۲۴,۴ نسبت به گام اول تعداد کاربران نهایی توصیه‌گر را کاهش داده‌اند.

در ادامه تحلیلی دیگر با بررسی ۱۰۰ گروه مورد ارزیابی بیان می‌شود. شکل ۱۸ میانگین $M$، $G_F$ و $G_C$ را برای ۱۰۰ گروه مورد ارزیابی نشان می‌دهد. ما با تحلیل $M$، $G_F$، $G_A$ و $G_C$ در هر یک از ۱۰۰ گروه مورد ارزیابی به این نتیجه دست‌یافتیم که با افزایش $M$ در هر گروه، به ترتیب $G_F$، $G_C$ و $G_A$ افزایش می‌یابد. دلیل افزایش کم $G_A$ در هر گروه این است که تعداد ادمین هیچ‌وقت همانند تعداد اعضا، تعداد جاری و تعداد سابق افزایش نمی‌یابد. میانگین $G_A$ برای ۱۰۰ گروه ۹,۹۳۸ است و به دلیل مقدار بسیار کم نسبت به مقادیر $M$، $G_F$ و $G_C$ در شکل ۱۸ نشان داده نشده است. بر طبق شکل ۱۸، به‌طور میانگین از ۱۳,۸۹۳ اعضای گروه، میانگین ۵۶۴۳ کاربر در وضعیت $C$ و ۸۱۶۲ کاربر در وضعیت $F$ قرار دارند.




**شکل ۱۸. میانگین $M$، $G_F$ و $G_C$ برای ۱۰۰ گروه مورد ارزیابی**

## ۵. نتیجه‌گیری و کارهای آینده

در این مقاله با استفاده از تحلیل گراف عضویت و مدل‌سازی مهاجرت بین گروهی کاربران، روشی برای توصیه کاربران ارائه شده است. روش پیشنهادی از سوابق عضویت، وضعیت جاری، وضعیت ادمین بودن کاربران در گروه‌ها و همچنین تعداد اعضای هر گروه برای تولید فهرستی از کاربران جهت توصیه استفاده می‌نماید و در این راستا قادر به مدل‌سازی رفتار کاربران و همچنین تضمین کیفیت توصیه‌ها می‌باشد. این روش شامل گام‌هایی جدید در ادامه روش گروه‌های مشابه [۸] که جهت توصیه گروه ارائه شده بود، ایجاد شده است. هر یک از گام‌ها، گام قبل از خود را تکمیل می‌نماید و همچنین هر گام را می‌توان روشی جداگانه جهت توصیه کاربران در نظر گرفت. گام‌های روش پیشنهادی در این مقاله با روش گروه‌های مشابه که از گراف عضویت کاربران جهت توصیه گروه بهره برده است، ارزیابی و مقایسه شده‌اند. روش پیشنهادی تمامی معایب روش گروه‌های مشابه را رفع و با افزودن مهاجرت بین‌گروهی کاربران و بهبود آن، توصیه‌هایی با کیفیت را ارائه داده است. مهاجرت نیز بدین معنا است که حداکثر کاربرانی که هر گروه را ترک کرده‌اند، در حال حاضر عضو چه گروه‌هایی هستند. روش مهاجرت بر اساس تحلیل رفتار بین گروهی کاربران، ترجیحات آنان را جهت بهبود توصیه در نظر می‌گیرد. روش پیشنهادی با مدل‌سازی پارامترهای عددی استخراج‌شده از گروه‌های کاربران در تلگرام ایجاد شده است؛ همچنین این روش، کیفیت گروه‌هایی که کاربران از آنان توصیه می‌شوند را تضمین می‌نماید. پارامترهای کیفیت، گروه‌ها را بر اساس تعداد کاربران ادمین کم، سابق کم و جاری زیاد، رتبه‌بندی می‌نمایند. ما پس از افزودن پارامترهای کیفیت به روش پیشنهادی، مشاهده کردیم که خطاها با افزودن کیفیت افزایش می‌یابد که این بیانگر رابطه مستقیم کیفیت و خطا در روش پیشنهادی است. نتایج حاصل از ارزیابی بیانگر آن است که روش پیشنهادی قادر به فراهم کردن توصیه کاربرانی دقیق با خطای کم مطابق با رفتار و علاقه‌مندی کاربران ورودی است. همچنین ما پس از تحلیل نتایج ارزیابی به این نکته دست‌یافتیم که درصورتی‌که کاربران ورودی به سامانه توصیه‌گر، با تحلیل رفتار و در نظر گرفتن علاقه‌شان، بر اساس درصد اشتراک با گروه‌ها رتبه‌بندی شوند، خطای کاربران توصیه شده نسبت به روش گروه‌های مشابه که تنها از گراف عضویت استفاده می‌نماید در معیار $RMSE$ به ۰,۰۸۱۲ و در معیار $MAE$ به ۰,۱۲۸ کاهش می‌یابد؛ همچنین این روش، توانایی پیش‌بینی مجموعه کاربران توصیه‌شده نهایی سامانه توصیه‌گر را نسبت به روش گروه‌های مشابه، به‌طور میانگین به ۶۲۷۱,۹ کاربر افزایش داده است. درنهایت، اگر که کاربران را بر اساس سه وضعیت عضو سابق، جاری و ادمین در هر گروه در نظر بگیریم و با استفاده از مدل‌سازی رفتار آنان و بهره‌گیری از گراف، کاربرانی متناسب با علاقه‌شان توصیه نماییم، عملکرد توصیه‌گر بهبود و نتایج حاصل، خطای کمتری خواهند داشت. ارزیابی روش پیشنهادی در این مقاله به‌وسیله ۱۰۰ گروه تخصصی تلگرام انجام شده است. ما با میانگین گرفتن از تعداد اعضا و وضعیت متفاوت کاربران، برای ۱۰۰ گروه مورد ارزیابی به این نتیجه دست‌یافتیم که هرچقدر تعداد اعضای هر گروه افزایش می‌یابد، به ترتیب تعداد اعضای با وضعیت سابق، جاری و ادمین در هر گروه افزایش می‌یابد. همچنین در این پژوهش با تحلیل داده‌های استخراج شده از تلگرام

این نتیجه حاصل شد که تعداد بسیاری از گروه‌های این پیام‌رسان بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ عضو دارند؛ این نتایج با میانگین تعداد اعضای ۹۲۰۸۱۰ سوپرگروه در تلگرام به‌دست‌آمده است. داده‌های این مقاله بخش بزرگی از اطلاعات عمومی پیام‌رسان تلگرام را در نظر گرفته است؛ این داده‌ها شامل بیش از ۱۲۰ میلیون کاربر و ۹۰۰,۰۰۰ سوپرگروه است.

جهت توسعه و بهبود این پژوهش در آینده می‌توان تعداد بیشتری از کاربران و گروه‌ها را در نظر گرفت. در این پژوهش از گراف کاربران به‌تنهایی استفاده شده است، حال‌آنکه می‌توان از اطلاعات محتوایی کاربران جهت برچسب‌زدن به هر گره کاربر در گراف بهره برد. جهت بهبود کارایی توصیه‌گر کاربر می‌توان از پیام‌های کاربران، تاریخ و ساعت ارسال پیام در گروه‌ها، استفاده نمود. همچنین در پژوهش‌های آتی می‌توان با در نظر گرفتن تعداد پیام‌های کاربر در هر گروه، امتیازی جهت مشارکت اعضا در نظر گرفت. چهارچوب این پژوهش مختص داده‌های تلگرام نبوده و می‌توان با استفاده از داده‌های دیگر پیام‌رسان‌ها و شبکه‌های اجتماعی که امکان ایجاد گروه را در بر دارند و همچنین رابط برنامه‌نویسی آنان در دسترس است، علاوه بر اثبات مؤثر بودن این روش بر روی آن محیط‌ها، به نقاط ضعف و قوت این روش و بهبود آن دست‌یافت.

## مراجع


[۱] Durov, P. ۲۰۲۰. ۴۰۰ Million Users, ۲۰,۰۰۰ Stickers, Quizzes ۲,۰ and ۴۰۰K for Creators of Educational Tests, accessed ۱۰ January ۲۰۲۱, < https://telegram.org/blog/۴۰۰-million>.

[۲] Iqbal, M. ۲۰۲۰. Telegram revenue and usage statistics, accessed ۱۳ May ۲۰۲۱, < https://www.businessofapps.com/data/telegram-statistics/>.

[۳] Clement, J. ۲۰۲۰. Most popular global mobile messenger apps as of October ۲۰۲۰, based on number of monthly active users, accessed ۱۰ January ۲۰۲۱, < https://www.statista.com/statistics/۲۵۸۷۴۹/most-popular-global-mobile-messenger-apps/ >.

[۴] میلانی، فرزانه. زنوزی، سیدجعفر. (۱۳۹۸) « بررسی تاثیر استفاده از انواع استراتژی‌های بازاریابی در شبکه‌های اجتماعی بر جلب اعتماد مشتریان شورایی»، دوفصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران، دوره ۱۱، شماره ۳۹ (۱۳۹۸): ۱۰۴-۹۱.

[۵] فتحیان، محمد. حضرتقلی‌زاده، رحیم. (۱۳۹۵) «ارائه روشی مناسب برای دسته‌بندی نامه‌های الکترونیکی تبلیغاتی بر مبنای پروفایل کاربران»، دوفصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران، دوره ۸، شماره ۲۷ (۱۳۹۵): ۳۶-۲۱.

[۶] بهشتی‌نژاد، راحله. سمیع، محمدابراهیم. (۱۳۹۶) « بهبود سیستم‌های توصیه‌گر با کمک وب معنایی»، دوفصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران، دوره ۹، شماره ۳۱ (۱۳۹۶): ۵۶-۴۵.

[۷] صابری، نفیسه. منتظر، غلامعلی. (۱۳۸۹) « شخصی سازی محیط یادگیری الکترونیکی به کمک توصیه گر فازی مبتنی برتلفیق سبک یادگیری و سبک شناختی»، دوفصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران، دوره ۲، شماره ۳ (۱۳۸۹): ۱۰۹-۹۱.

[۸] هاشمی، سیدعلی. زارع چاهوکی، محمدعلی. (۱۳۹۷)، «توسعه بازاریابی با توصیه‌گر گروه‌های پیام‌رسان‌ها»، دوفصلنامه محاسبات و سامانه‌های توزیع شده، سال اول، شماره اول (۱۳۹۷): ۳۰-۲۱.

[۹] G. Ramakrishnan, V. Saicharan, K. Chandrasekaran, M. V. Rathnamma, and V. Venkata Ramana. "Collaborative Filtering for Book Recommendation System", *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. ۱۰۵۷, Springer, Singapore, ۲۰۲۰, pp. ۳۲۵-۳۳۸.

[۱۰] A. B. Melchiorre, E. Zangerle, and M. Schedl, "Personality Bias of Music Recommendation Algorithms", in *Fourteenth ACM Conference on Recommender Systems*, New York, NY, USA, ۲۰۲۰, pp. ۵۳۳–۵۳۸.

[۱۱] محمدرضایی لرکی، رضوان. روان‌مهر، رضا. امراللهی، میلاد. (۱۳۹۸) «سیستم توصیه گر زمینه آگاه سفر با بهرهگیری از اطلاعات عکسهای برچسبدار جغرافیایی»، دوفصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران، دوره ۱۱، شماره ۴۱ (۱۳۹۸): ۹۶-۷۵.

[۱۲] L. Sang et al., "Context-Dependent Propagating based Video Recommendation in Multimodal Heterogeneous Information Networks", *IEEE Transactions on Multimedia*, July ۲۰۲۰, p. ۱.

[۱۳] A. Zare, M. R. Motadel, and A. Jalali, "Presenting a hybrid model in social networks recommendation system architecture development", *AI & SOCIETY*, Vol. ۳۵, No. ۲, June ۲۰۲۰, pp. ۴۶۹-۴۸۳.

[۱۴] D. M. JIMÉNEZ-BRAVO, J. F. D. Paz, and G. Villarrubia, "Twitter's Experts Recommendation System Based on User Content," *In: International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence*, Springer, Cham, ۲۰۱۸, pp. ۲۵۱-۲۵۸.

[۱۵] X. Cai et al., "Learning Collaborative Filtering and Its Application to People to People Recommendation in Social Networks," ۲۰۱۰

[۱۶] L. Berkani, "A semantic and social- based collaborative recommendation of friends in social networks", *Software: Practice and Experience*, Vol. ۵۰, No. ۸, August ۲۰۲۰, pp. ۱۴۹۸-۱۵۱۹.

[۱۷] P. Kumar and G. R. Mohana Reddy, "Friendship Recommendation System Using Topological Structure of Social Networks," in *Proc. of Progress Intelligent Computing Techniques: Theory, Practice, and Applications*, Singapore, Aug. ۲۰۱۸, pp. ۲۳۷–۲۴۶.

[۱۸] S. Huang, J. Zhang, L. Wang, and X.-S. Hua, "Social Friend Recommendation Based on Multiple Network Correlation," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. ۱۸, no. ۲, pp. ۲۸۷–۲۹۹, Feb. ۲۰۱۶.

[۱۹] A. Alshammari, S. Kapetanakis, R. Evans, N. Polatidis, and G. Alshammari, "User modeling on twitter with exploiting explicit relationships for personalized recommendations", In *International Conference on Hybrid Intelligent Systems*, Springer, Cham, ۲۰۱۸, pp. ۱۳۵-۱۴۵.

[۲۰] D. F. Gurini, F. Gasparetti, A. Micarelli, and G. Sansonetti, "A Sentiment-Based Approach to Twitter User Recommendation," in *Proc. of Recommender System and the Social Web (CEUR Workshop)*, Hong kong, China, Oct. ۲۰۱۳.

[۲۱] K. Xu et al., "Improving user recommendation by extracting social topics and interest topics of users in uni-directional social networks," *Knowledge-Based Systems*, vol. ۱۴۰, pp. ۱۲۰–۱۳۳, Jan. ۲۰۱۸.

[۲۲] H. J. Jeong, K. H. Lee, and M. H. Kim, "DGC: Dynamic group behavior modeling that utilizes context information for group recommendation", *Knowledge-Based Systems*, Vol. ۲۱۳, December ۲۰۲۰, p. ۱۰۶۶۵۹.

[۲۳] S. Guo, S. J. Ji, C. Zhang, X. Wang, and J. Zhao, "A New Multi-criteria Recommendation Algorithm for Groups of Users", In: *International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, Springer*, Singapore, ۲۰۱۹, pp. ۷۳۵-۷۴۲.

[۲۴] F. Ortega, R. Hurtado, J. Bobadilla, and R. Bojorque, "Recommendation to groups of users using the singularities concept", *IEEE Access*, Vol. ۶, July ۲۰۱۸, pp. ۳۹۷۴۵-۳۹۷۶۱.

[۲۵] D. Karimpour, M. A. Zare Chahooki and A. Hashemi, "User recommendation based on Hybrid filtering in Telegram messenger," *۲۶th International Computer Conference, Computer Society of Iran (CSICC)*, ۲۰۲۱, pp. ۱-۷.

[۲۶] E. Yalcin, F. Ismailoglu, and A. Bilge, "An entropy empowered hybridized aggregation technique for group recommender systems", *Expert Systems with Applications*, Vol. ۱۶۶, October ۲۰۲۰, p. ۱۱۴۱۱۱.

[۲۷] H. Yin, Q. Wang, K. Zheng, Z. Li, and X. Zhou, "Overcoming Data Sparsity in Group Recommendation", *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, September ۲۰۲۰.

[۲۸] A. Hashemi and M. A. Z. Chahooki, "Telegram group quality measurement by user behavior analysis", *Social Network Analysis and Mining*, Vol. ۹, No. ۱, July ۲۰۱۹, p. ۳۳.