



کد مقاله: ۱۰۳

بیشینه‌سازی تاثیر در مدل آبخاری مستقل در شرایط هزینه ناهمگون

عیسی انامرادنژاد^۱، محمدمبین فضلی^۲، جعفر حبیبی^۳

^۱ دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

i.moradnejad@gmail.com

^۲ استادیار، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

fazli@sharif.edu

^۳ دانشیار، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

jhabibi@sharif.edu

چکیده

با گسترش شبکه‌های اجتماعی آنلاین و اثرات استفاده از آن در زندگی روزمره مردم، تبلیغات از طریق این رسانه‌های جدید در حال گسترش است. یکی از سوالات مطرح در تحلیل شبکه‌های اجتماعی، مدل‌سازی گسترش اطلاعات و بررسی بیشینه‌سازی تاثیر در میان کاربران است. در اکثر مقالات پیشین انجام گرفته در زمینه بیشینه‌سازی تاثیر در شبکه‌های اجتماعی، هزینه انتخاب یک کاربر به عنوان راس اولیه انتشار اثر (فارغ از ویژگی‌های ناهمگون کاربران همچون تعداد دوستان و یا دنبال‌کننده) همواره یکسان تلقی شده است که این فرض، در شبکه‌های اجتماعی که افراد قادر به تعیین هزینه و یا رد یک درخواست هستند، چندان منطقی نیست. در این مقاله قصد داریم تا بیشینه‌سازی تاثیر در مدل آبخاری مستقل (Independent Cascade) در شبکه‌های اجتماعی را در شرایطی که هزینه انتخاب راس‌های اولیه ناهمگون باشد، بررسی و مدل‌سازی کنیم. همچنین با انتخاب راس‌های اولیه با استفاده از پنج رویکرد مختلف، نحوه گسترش اثر را برای سه نوع شبکه مختلف (تصادفی، Small-World و Scale-free) نمایش داده و رویکرد صحیح انتخاب کاربران اولیه را برای بیشینه‌سازی اثرگذاری در این شرایط روشن نماییم.

کلمات کلیدی

بیشینه‌سازی اثر در شبکه‌های اجتماعی، مدل آبخاری مستقل، شبکه‌های اجتماعی، گسترش اطلاعات، تبلیغات در شبکه‌های اجتماعی، شبکه‌های اجتماعی-اقتصادی



۱- مقدمه

با گسترش شبکه‌های اجتماعی آنلاین^۱ و اثرات استفاده از آن در زندگی روزمره مردم، تبلیغات از طریق این رسانه‌های جدید در حال گسترش است. یکی از سوالات مطرح در تحلیل شبکه‌های اجتماعی، مدل‌سازی گسترش اطلاعات^۲ و پیشینه‌سازی تأثیر^۳ در میان کاربران است.

با اینکه پژوهش‌های بسیاری در زمینه یافتن کاربران تأثیرگذار، نحوه گسترش اطلاعات و پیشینه‌سازی تأثیر انجام گرفته، اما کمتر توجهی به تبلیغ یک محصول یا گسترش یک فرهنگ جدید از طریق پرداخت هزینه ناهمگون در یک شرایط واقعی شبکه اجتماعی به کاربران شده است و در اکثر مقالات پیشین انجام گرفته در زمینه پیشینه‌سازی تأثیر در شبکه‌های اجتماعی، هزینه انتخاب یک کاربر به عنوان راس اولیه انتشار اثر (فارغ از ویژگی‌های ناهمگون کاربران همچون تعداد دوستان و یا دنبال‌کننده^۴) همواره یکسان تلقی شده است.

یکسان تلقی کردن هزینه انتخاب کاربران به عنوان راس‌های اولیه، با اینکه شاید در حوزه‌های انتشار ویروس^۵ و یا مسائل علم فیزیک که در آن راس‌ها خودمختار^۶ نیستند، قابل درک باشد، اما در شبکه‌های اجتماعی که افراد قادر به تعیین هزینه و یا رد یک درخواست هستند، چندان منطقی نیست. به طور مثال، هزینه تبلیغات یک محصول توسط بازبازگرا و افراد مشهور نمی‌تواند برابر با هزینه تبلیغات توسط افراد عادی باشد.

مرجع [۱] مسئله پیشینه‌سازی تأثیر در شبکه‌های اجتماعی را برای دو مدل گسترش اطلاعات (مدل آبخاری مستقل^۷ و مدل انتشار آستانه خطی^۸) معرفی کرد. این پژوهش، ابتدا با معرفی مسئله پیشینه‌سازی اثر با راس‌های اولیه با هزینه یکسان، NP-hard بودن مسئله و برخی ویژگی‌های دیگر آن را اثبات کرده و الگوریتم اولیه‌ای برای ساده‌سازی مسئله و انتخاب K راس اولیه ارائه کرده است. اغلب کارهای بعدی این حوزه در شرایط گسترش اثر در دو مدل مذکور انجام شده‌اند.

در این مقاله قصد داریم تا پیشینه‌سازی تأثیر در شبکه‌های اجتماعی را در شرایطی که هزینه انتخاب راس‌های اولیه ناهمگون باشد، به شکل رسمی بررسی و مدل‌سازی کنیم. همچنین با انتخاب راس‌های اولیه با استفاده از پنج رویکرد مختلف، نحوه گسترش اثر در مدل آبخاری مستقل را برای حالات مختلف شبکه نمایش داده و تلاش خواهیم کرد تا رویکرد صحیح انتخاب کاربران اولیه را برای پیشینه‌سازی اثرگذاری در شرایط هزینه ناهمگون روشن کنیم.

در ادامه، در بخش دوم مقاله، مروری بر کارهای پیشین انجام گرفته در حوزه مسئله ارائه شده است. در بخش سوم، مسئله پیشینه‌سازی اثر در شبکه‌های اجتماعی به طور دقیق‌تر تعریف شده و مدل آبخاری مستقل که مدنظر مقاله است، توضیح داده خواهد شد. در

بخش چهارم، داده‌های مورد استفاده و شاخص‌های شبیه‌سازی معرفی شده و نتایج شبیه‌سازی و مقایسه رویکردهای مختلف ارائه خواهد شد، و در نهایت، نتیجه‌گیری و کارهای آتی در فصل ششم بیان شده است.

۲- کارهای پیشین

در این بخش، برخی از مهم‌ترین کارهای انجام‌گرفته در حوزه پیشینه‌سازی تأثیر در شبکه‌های اجتماعی توضیح داده شده است.

مرجع [۳ و ۲] مسئله پیشینه‌سازی تأثیر را با هدف خاص بازاریابی و پروسوار مطرح کرد. این پژوهش، با ارائه الگوریتمی اکتشافی و با بکارگیری میدان‌های تصادفی مارکوف مسئله مورد نظر را مدل کرد.

مرجع [۱] دو مدل برای گسترش تأثیر در شبکه‌های اجتماعی ارائه کرده است. نویسندگان آن مقاله برای این دو مدل که پایه کار بسیاری از تحقیقات بعدی شده، علاوه بر اثبات NP-hard بودن مسئله یافتن راس‌های اولیه، یک الگوریتم ساده برای انتخاب این راس‌ها ارائه کرده و نتایج انتخاب راس‌های مختلف را بر روی چند شبکه نشان داده است. هر چند که در این مقاله هم نودها دارای هزینه بوده و بودجه کل انتخاب راس‌های اولیه مشخص است، اما عملاً به دلیل یکسان بودن هزینه انتخاب تمامی نودها با یکدیگر، مسئله اصلی به انتخاب K راس اولیه از مجموعه تمامی راس‌ها تبدیل شده و هزینه هر راس از مسئله خارج شده است.

در سال‌های اخیر، مقالات بسیاری گسترش یک اثر خاص در یک شبکه اجتماعی را مورد بررسی قرار داده‌اند (همچون گسترش چاقی [۴]، احساسات [۵]، ایده‌ها [۶] و هنجارهای اجتماعی [۷]).

مرجع [۸] اولین تحقیقی در حوزه پیشینه‌سازی تأثیر در شبکه اجتماعی بوده است که بررسی نحوه انتخاب راس‌های اولیه در شرایط هزینه ناهمگون پرداخته است. در آن مقاله، مساله پیشینه‌سازی تأثیر در مدل رای‌دهنده^۹ به صورت رسمی تعریف شده است و همچنین الگوریتم مناسب برای انتخاب نودهای اولیه در دو حالت کوتاه‌مدت و بلندمدت در مدل رای‌دهنده مورد بررسی قرار گرفته است. البته در آن مقاله، مسئله در حالت کلی بررسی شده و مقایسه‌ای میان رویکردهای مختلف انتخاب راس‌های اولیه انجام نشده است.

۳- مدل

در این بخش، مسئله مورد نظر این مقاله که همان پیشینه‌سازی گسترش تأثیر در شبکه‌های اجتماعی در مدل آبخاری مستقل است، به طور دقیق‌تر تعریف خواهد شد.

مدل انتشار مستقل در شرایط هزینه ناهمگون

در مدل اولیه آبخاری مستقل که در [۱] معرفی شده است، G یک گراف جهت‌دار است که از n راس تشکیل شده است. هر راس در یکی از دو حالت است: فعال یا غیرفعال. راس‌های فعال کسانی



$$\max R = E\left[\sum_{v \in V} f(v)\right]$$

راهکار کلی حل مسئله

نکته مهم در حل این مسئله، به دست آوردن مقادیر $f(v)$ برای تمامی راس‌های شبکه در صورت انتخاب یک S فرضی است. ساده‌ترین راه برای حل این مسئله، طی نمودن اجرای مدل آبخاری مستقل است که در بخش پیشین توضیح داده شد. راهکار جایگزین و ساده‌تر حل این مسئله [1]، مشخص نمودن امکان تاثیر داشتن یا نداشتن هر راس بر روی هر همسایه خود پیش از اجرای مدل‌سازی است.

همانطور که پیشتر توضیح داده شد، امکان اثرگذاری یک راس بر روی یک راس دیگر بر اساس احتمال p_{vw} مشخص می‌شود. در این رویکرد، موفق بودن تاثیر این رابطه با پرتاب یک سکه احتمالاتی با امکان موفقیت هر کدام از این احتمالات به دست می‌آید. در ادامه، گراف جدید G' با حذف تمامی یال‌هایی که موفق نبوده‌اند به دست می‌آید که دیگر نیازی به بررسی موفق بودن تاثیر یک راس فعال بر همسایگان غیرفعال خود نیست و هر نود فعال، بدون شک راس‌های غیرفعال همسایگی خود را در مرحله بعدی فعال می‌کند.

در نتیجه، برای به دست آوردن مقدار R در شرایط انتخاب یک S فرضی، به سادگی باید تعداد راس‌هایی که از مجموعه S در گراف جدید G' قابل دسترسی هستند، محاسبه شود.

اثبات NP-hard بودن مسئله

اثبات NP-hard بودن مسئله اولیه که مربوط به انتخاب k راس برای بیشینه‌سازی اثر بوده، با معادل ساختن با یک مسئله Set Cover در [1] به انجام رسیده است.

سختی مسئله فعلی که دارای وزن‌های ناهمگون است را می‌توان از طریق معادل‌سازی با مسئله کوله‌پشتی $0-1$ به اثبات رساند. در مسئله کوله‌پشتی، هدف انتخاب عناصری وزن‌دار و سوددار از یک مجموعه مرجع عناصر است که در عین عبور نکردن از حد مجاز وزن کوله‌پشتی، سود به دست آمده حداکثر شود.

هرچند که انواع دیگری از این مسئله هم وجود دارد، اما مسئله کوله‌پشتی $0-1$ که در آن یک عنصر یا کاملاً انتخاب می‌شود و یا کلاً کنار گذاشته می‌شود، را می‌توان معادل مسئله فعلی در نظر گرفت.

در نتیجه، به ازای هر مسئله کوله‌پشتی $0-1$ فرضی که در آن وزن عنصر u با w_i و سود آن با T_i نمایش داده می‌شود، می‌توان گرافی را با مشخصات زیر در نظر گرفت:

1. به ازای هر کدام از عناصر مسئله کوله‌پشتی، دارای یک راس با هزینه‌های معادل w_i است. هیچ مسیری میان این راس‌ها نیست و در نتیجه، سود انتخاب یک راس وابسته به انتخاب راس‌های دیگر نیست.

(6) هستند که محصول را پذیرفته‌اند و آن را به همسایگان خود معرفی خواهند کرد. راس‌های غیرفعال کسانی هستند که درباره محصول چیزی ننشیده‌اند و یا از پذیرفتن آن خودداری کرده‌اند.

در ابتدا تمامی راس‌های غیرفعال هستند و k راس اولیه انتخاب می‌شود تا به شکل دستی فعال شوند. در هر مرحله، راس‌های تازه فعال شده می‌توانند یک تلاش برای فعال‌سازی هر کدام از همسایه‌های غیرفعال خود کنند و فارغ از موفقیت یا عدم موفقیت این تلاش، راس فعال در مراحل بعدی نمی‌تواند تاثیری در گسترش اثر داشته باشد. این روند آنقدر ادامه می‌یابد، تا تغییری در مجموعه راس‌های فعال رخ ندهد.

موفقیت یا عدم موفقیت تلاش راس فعال v در فعال‌سازی همسایه غیرفعال خود (w) وابسته به احتمال p_{vw} است که نشان‌دهنده میزان اثرگذاری v بر روی w است.

همانطور که پیشتر هم اشاره شد، مسئله مورد نظر این مقاله تا حدی متفاوت از مدل اولیه آبخاری مستقل است، چرا که فرض منطقی در تبلیغات در یک شبکه اجتماعی بر این است که هزینه فعال‌سازی یک راس اولیه نمی‌تواند برای تمامی راس‌ها یکسان باشد. به طور مثال، هزینه تبلیغات یک محصول توسط بازیگران و افراد مشهور طبعاً بسیار بیشتر از هزینه تبلیغات توسط افراد عادی است.

به طور رسمی‌تر، مسئله مورد نظر این مقاله در ادامه تعریف شده است: اگر G یک گراف شامل n راس غیرفعال باشد، B بودجه کلی انتخاب راس‌های اولیه و C_v هزینه انتخاب راس v به عنوان راس اولیه باشد، مجموعه S از راس‌های G را انتخاب کنید که مقدار R را بیشینه کند:

$$R = E\left[\sum_{v \in V} f(v)\right] \quad (1)$$

در شرایطی که:

$$\sum_{v \in S} C_v \leq B \quad (2)$$

که $f(v)$ نشان‌دهنده فعال یا غیرفعال بودن راس v در پایان فرایند انتشار است.

این مسئله را می‌توان به عنوان یک مسئله برنامه‌ریزی خطی با شرایط زیر در نظر گرفت (با توضیحات فرمول‌های قبلی):

$$B, \forall C_v > 0 \quad (3)$$

$$S \subseteq V \quad (4)$$

$$\sum_{v \in S} C_v \leq B \quad (5)$$



4. مرکزیت بینابینی^{۳۱}: در این رویکرد، ترتیب راس‌ها بر حسب معیار مرکزیت بینابینی از بزرگ به کوچک لیست می‌شوند. سپس، راس‌ها به ترتیب وارد مجموعه راس‌های اولیه می‌شوند، تا جاییکه بودجه تکمیل شود و یا اینکه هیچ راس جدیدی را نتوان وارد مجموعه راس‌های اولیه کرد.

مرکزیت بینابینی راس u عبارت است از تعداد کوتاه‌ترین مسیرهایی در گراف که از راس u عبور کنند. به طور رسمی‌تر، اگر $P(jk)$ تعداد کوتاه‌ترین مسیرها از j به k باشد و $P_u(jk)$ تعداد کل کوتاه‌ترین مسیرها از j به k باشد که از u می‌گذرد، مقدار مرکزیت بینابینی راس u برابر است با:

$$bet_u = \frac{P_u(jk)/P(jk)}{(n)(n-1)/2}$$

5. مرکزیت بینابینی (معکوس): این رویکرد معکوس رویکرد قبلی است و راس‌ها به ترتیب از کمترین مرکزیت بینابینی به بیشترین انتخاب می‌شوند.

نتایج شبیه‌سازی

نتایج گسترش تاثیر با انتخاب راس‌ها با استفاده از پنج رویکرد زیربخش قبلی در ادامه بررسی شده است. به این منظور، سه نوع مدل مختلف برای ساخت شبکه که معمولاً در بررسی شبکه‌های اجتماعی استفاده می‌شود، انتخاب شدند. این سه مدل در ادامه به صورت جزئی معرفی شده و نتایج پنج رویکرد انتخابی در هر کدام از این مدل‌ها توضیح داده می‌شود.

به ازای هر کدام از این سه مدل، نتایج ۵۰ بار اجرای شبیه‌سازی بر روی گراف ۵۰۰ راسی میانگین گرفته شده است. بودجه در نظر گرفته شده برای تمامی موارد شبیه‌سازی شده، ۵۰ است که بعد از اجرای نتایج برای چندین مقدار مختلف انتخاب شد. همچنین لازم به ذکر است که در تمامی شکل‌ها، میزان گسترش اثر تا آخرین مرحله به نمایش در آمده است.

مدل تصادفی

در مدل تصادفی، احتمال وجود هر یال برابر با یک احتمال ثابت p است. هرچند که این مدل از ساده‌ترین نمونه‌های ایجاد شبکه است، اما به ندرت در شبکه‌های اجتماعی دیده می‌شود.

در شبیه‌سازی انجام گرفته در این بخش، ۵۰ گراف مختلف تصادفی با احتمال $p=0.02$ با ۵۰ راس تولید و نتایج نهایی گسترش اثر راس‌های انتخابی بر اساس پنج رویکرد مذکور بر روی گراف بررسی شد. میانگین نتایج برای این ۵۰ اجرا در شکل ۱ آمده است.

همانطور که در شکل ۱ مشخص است، انتخاب راس‌ها بر اساس مرکزیت بینابینی با ترتیب معکوس (یعنی از کمترین به بیشترین) بهترین نتیجه نهایی را داشته و بعد از آن، مرکزیت درجه با ترتیب

2. راس u از مجموعه بالا، به T_u راس دیگر متصل است که هزینه انتخاب هر کدام از این راس‌های همسایه، بیشتر از بودجه کلی مسئله است. در نتیجه، امکان انتخاب این راس‌های همسایه نیست. همچنین احتمال فعال سازی راس‌های همسایه توسط راس u برابر ۱ است و در نتیجه، سود اضافه کردن راس u برابر با سود آن در مسئله اولیه کوله‌پشتی خواهد بود.

همانطور که مشخص است، مسئله کوله‌پشتی مذکور، تبدیل به یک مورد از مسئله فعلی می‌شود که حل آن باعث حل مسئله کوله‌پشتی ۰-۱ می‌شود. در حالت کلی، نقطه تمایز اصلی میان این دو مسئله، عدم مشخص بودن آنی سود انتخاب یک مجموعه از اجزا بود که با روشی که در زیربخش ۰ برای حل مسئله داده شد و سادگی به دست آوردن سود یک راس در گراف بالا، این تمایز رفع می‌شود.

(7)

۴- شبیه‌سازی

در این بخش به شبیه‌سازی مسئله مورد نظر که در بخش پیشین توضیح داده شد، در چندین فضای نمونه شبکه اجتماعی خواهیم پرداخت. در ادامه، ابتدا پنج رویکرد انتخابی برای انتخاب راس‌های اولیه را معرفی می‌کنیم. در پایان این بخش، سه روش معتبر برای ساخت گراف یک شبکه اجتماعی را معرفی کرده و نتایج اجرای پنج رویکرد انتخابی بر روی هر کدام از این سه روش را ارائه خواهیم نمود.

رویکردهای انتخاب راس‌های اولیه

برای بررسی بهترین رویکرد انتخاب راس‌های اولیه در مسئله مورد نظر این مقاله، پنج رویکرد مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است که در این پنج رویکرد، در ادامه توضیح داده شده است:

1. تصادفی: در این رویکرد، راس‌هایی به صورت تک تک و تصادفی انتخاب شده و به مجموعه اولیه وارد می‌شوند، تا جاییکه بودجه تکمیل شود و یا اینکه هیچ راس جدیدی را نتوان وارد مجموعه راس‌های اولیه کرد. دقت شود که ممکن است در یک مرحله، یک راس را به دلیل هزینه بالا، نتوان وارد مجموعه کرد، کمالینکه راس‌های دیگری با هزینه‌های کمتر موجود باشند.

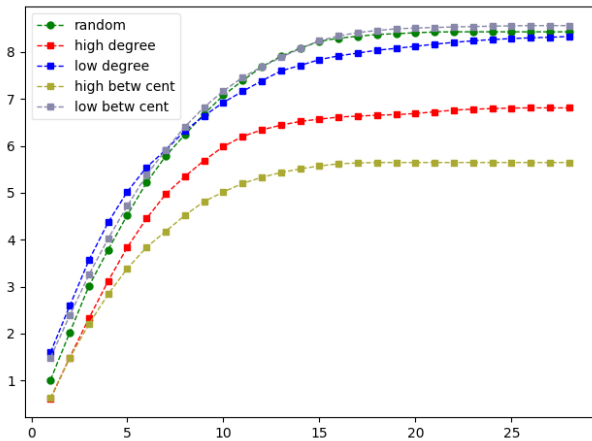
2. مرکزیت درجه^{۳۲}: در این رویکرد، راس‌ها به ترتیب درجه خود از بزرگ به کوچک لیست می‌شوند. سپس، راس‌ها به ترتیب وارد مجموعه راس‌های اولیه می‌شوند، تا جاییکه بودجه تکمیل شود و یا اینکه هیچ راس جدیدی را نتوان وارد مجموعه راس‌های اولیه کرد.

3. مرکزیت درجه (معکوس): این رویکرد معکوس رویکرد قبلی است از این نظر که راس‌ها به ترتیب از درجه کمتر به بیشترین انتخاب می‌شوند.

معکوس قرار گرفته است که این دو نتیجه نشانگر اهمیت انتخاب راس‌ها با درجه پایین است. در رتبه آخر، انتخاب راس‌ها بر اساس مرکزیت درجه قرار گرفته است.

نکته دیگر قابل توجه در نتایج این بخش، تفاوت تعداد راس‌های اولیه انتخابی در رویکردهای معکوس و دیگر رویکردها است، به این معنا که در رویکردهای معکوس، راس‌های اولیه بیشتری انتخاب شده است.

از نظر سرعت گسترش اثر، مرکزیت بینابینی بیشترین سرعت را داشته، و با اینکه با کمترین تعداد راس‌های اولیه شروع به گسترش کرده است، در رتبه سوم قرار گرفته است.

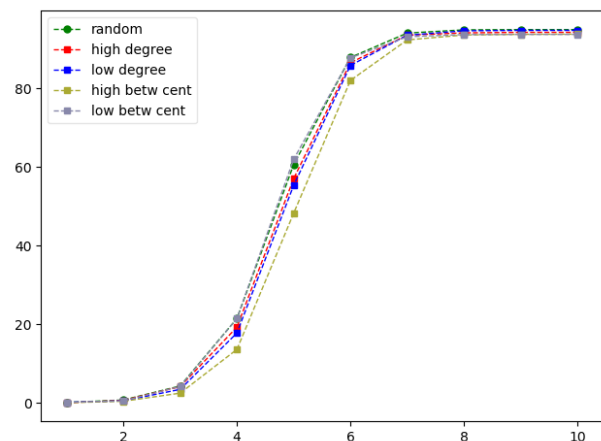


شکل (2): میانگین نتایج اجرای شبیه‌سازی بر روی ۵۰ گراف دنیای کوچک

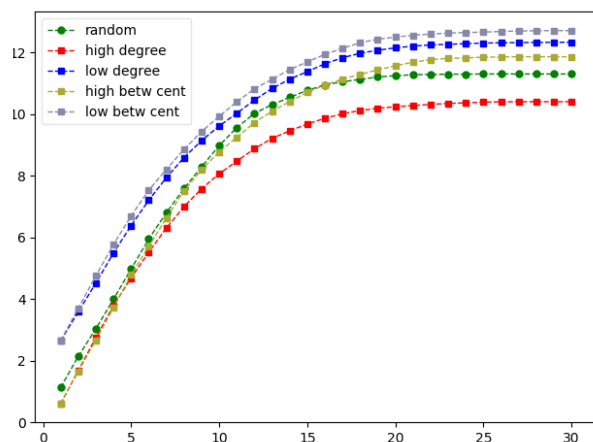
مدل Barabasi-Albert

در این بخش از مقاله، از مدل Barabasi-Albert [10] برای ایجاد شبکه‌های بی‌مقیاس^{xiv} استفاده شد. این مدل با یک گراف کامل m را سی آغاز می‌شود و در هر مرحله، یک نود جدید با m یال به شبکه اضافه می‌شود که این یال‌ها به طور تصادفی و متناسب با درجه راس‌های قدیمی، توزیع می‌شود. همانند بخش قبلی، با استفاده از این مدل ۵۰ گراف ۵۰۰ راسی با $m=20$ ایجاد شد که نتایج رویکردهای مختلف انتخاب راس‌های اولیه در شکل 3 به نمایش در آمده است.

همانطور که در شکل 3 مشخص است، تمامی رویکردها قادر به گسترش به تمامی راس‌های شبکه بوده‌اند. اما از نظر سرعت رسیدن به تمامی راس‌ها، رویکرد انتخاب راس‌ها بر اساس مرکزیت بینابینی (معکوس) و حالت انتخاب تصادفی راس‌ها، عملکرد نسبی بهتری نسبت به سه رویکرد دیگر داشته‌اند. همچنین رویکرد انتخاب راس‌ها بر اساس مرکزیت بینابینی، در مکان آخر قرار گرفته است.



شکل (3): میانگین نتایج اجرای شبیه‌سازی بر روی گراف‌های بی‌مقیاس



شکل (1): میانگین نتایج اجرای شبیه‌سازی بر روی 50 گراف تصادفی

مدل Watts-Strogatz

در این مقاله، از مدل Watts-Strogatz [9] برای ایجاد شبکه‌های دنیای کوچک^{xiii} استفاده شد. شبکه دنیای کوچک به شبکه‌هایی گفته می‌شود که اکثر راس‌ها تعداد همسایگان کمی دارند، ولی با یک مسیر کوتاه به تمامی راس‌های دیگر ارتباط دارند و میانگین کوتاه‌ترین مسیرها بسیار کم است. در مدل انتخابی برای تولید این نوع شبکه‌ها، ابتدا تمامی راس‌ها در یک شبکه دایره‌وار هستند که هر راس به $m/2$ راس کناری خود یال مستقیم دارد. سپس هر یال با احتمال p به راس دیگری در شبکه متصل می‌شود.

در شبیه‌سازی‌های انجام‌گرفته در این بخش، ۵۰ گراف دنیای کوچک با $n=10$ و $p=0.5$ ایجاد و نتایج رویکردهای مختلف در شکل ۲ به نمایش در آمده است.

همانطور که در شکل ۲ مشخص است، انتخاب راس‌های اولیه بر اساس مرکزیت بینابینی با ترتیب معکوس، بهترین نتیجه و با ترتیب عادی، بدترین نتیجه را رقم زده است. البته انتخاب راس‌ها با سه رویکرد کمترین مرکزیت بینابینی، کمترین درجه و حالت تصادفی، فاصله بیشتری از نتایج دو رویکرد دیگر داشته و مشخص است که انتخاب راس‌هایی با درجه کمتر، نتیجه بهتری به همراه داشته است.



۵- نتیجه گیری

در این مقاله، با بهره‌گیری از مدل آبخاری مستقل، بیشینه‌سازی تاثیر در شبکه‌های اجتماعی را در شرایطی که هزینه انتخاب راس‌های اولیه ناهمگون باشد، بررسی و مدل‌سازی کردیم. به این منظور، ابتدا مسئله مورد نظر به طور رسمی تعریف شد و سختی آن به اثبات رسید. سپس، سه دسته شبکه‌های مختلف ۵۰۰ راسی - شبکه‌های تصادفی، دنیای کوچک و بی‌مقیاس - ایجاد شد و نحوه گسترش اثر در شبکه با استفاده از پنج راهکار معتبر انتخاب راس‌های اولیه مورد بررسی قرار گرفت.

به این منظور، میانگین نحوه گسترش اثر در سه نوع شبکه مذکور بعد از ۵۰ اجرای مستقل بررسی شد. بر اساس نتایج شبیه‌سازی شبکه‌های تصادفی، انتخاب راس‌ها بر اساس مرکزیت درجه از کمترین به بیشترین بهترین نتیجه را داشته است. در شبیه‌سازی شبکه‌های دنیای کوچک که شباهت بسیار زیادی به شبکه‌های اجتماعی واقعی دارند، انتخاب کاربران بر اساس کمترین مرکزیت بینایی و مرکزیت درجه، اختلاف زیادی با حالت انتخاب مرکزی‌ترین کاربران، از نظر سرعت و حجم پوشش کاربران در حالت نهایی دارد. بر اساس نتایج شبیه‌سازی شبکه‌های بی‌مقیاس، تفاوت زیادی در بین نتایج پنج رویکرد دیده نشد. با این حال، رویکرد انتخاب تصادفی و انتخاب بر اساس کمترین مرکزیت بینایی سرعت بالاتری در رسیدن به پوشش کامل شبکه داشته‌اند.

با تحلیل کلی نتایج این سه حالت، می‌توان این نتیجه را گرفت که انتخاب کاربران با مرکزیت کمتر در دو راهکار مرکزیت بینایی معکوس و مرکزیت درجه معکوس، به دلیل بیشتر شدن تعداد راس‌های اولیه باعث گسترش بیشتر اثر مذکور در کل شبکه می‌شود.

مراجع

- [1] Kempe, D., Kleinberg, J., Tardos, E., "Maximizing the spread of influence through a social network", in Proceedings of the ninth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. ACM, pp. 135-146, 2003.
- [2] Domingos, P., Richardson, M., "Mining the network value of customers", Seventh International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD), pp. 55-66, 2001.
- [3] Richardson, M. Domingos, P., "Mining knowledge sharing sites for viral marketing", Eighth Intl. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD), pp. 61-51, 2002.
- [4] Sangachin, M., Samadi, M., Cavuoto, L., "Modeling the spread of an obesity intervention through a social network", Journal of healthcare engineering, Vol. 5, No. 3, pp. 293-312, 2014.
- [5] Nedunchezian, P., Jacob, S. G., "Social influence algorithms and emotion classification for Prediction of Human Behavior: A Survey", In 2017 Second International Conference on Recent Trends and Challenges in Computational Models (ICRTCCM), pp. 55-60, 2017.
- [6] Li, Y., Chen, W., Wang, Y., Zhang, Z. L., "Influence diffusion dynamics and influence maximization in social networks with friend and foe relationships", In Proceedings of the sixth ACM international conference on Web search and data mining, pp. 657-666, 2013.
- [7] Sajadi, S. H., Fazli, M., Habibi, J. H., "The affective evolution of social norms in social networks," IEEE Transactions on Computational Social Systems, Vol. 99, pp. 1-9, 2018.
- [8] Even-dar, E., Shapira, A., "A note on maximizing the spread of influence in social networks," Inf. Process. Lett, Vol. 111, No. 4, pp. 184-187, 2011.
- [9] Watts, D. J., Strogatz S. H., "Collective dynamics of 'small-world' networks," Nature, Vol. 393, No. 6684, pp. 440-442, 1998.
- [10] Albert, R., Barabási, A.-L., "Statistical mechanics of complex networks," Rev. Mod. Phys., Vol. 74, No. 1, p. 47, 2002.

- viii Linear Threshold Model
- ix Voter model
- x 0-1 Knapsack problem
- xi Degree centrality
- xii Betweenness centrality
- xiii Small-world network
- xiv Scale-free network

- i Online Social Networks (OSN)
- ii Information diffusion
- iii Influence Maximization
- iv Follower
- v Epidemiology
- vi Selfish agent
- vii Independent Cascade Model