

## مدل سازی انتشار تبلیغات بر روی شبکه های اجتماعی

زینب سقطی جلالی<sup>۱</sup>، علیرضا رضوانیان<sup>۲</sup>، محمدرضا میبدی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>آزمایشگاه محاسبات نرم، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران  
s.jalali@aut.ac.ir

<sup>۲</sup>آزمایشگاه محاسبات نرم، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران  
a.rezvanian@aut.ac.ir

<sup>۳</sup>آزمایشگاه محاسبات نرم، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران  
mmeybodi@aut.ac.ir

### چکیده

با توجه به گسترش روزافزون خدمات و کاربران در وب سایت های شبکه های اجتماعی، حجم زیادی از فعالیت های مجازی اعم از آموزشی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی بر روی این وب سایت ها صورت می گیرد. بازاریابی در میان کاربران شبکه های اجتماعی با هدف معرفی محصولات و جذب مشتری از جمله فعالیت هایی است که در سال های اخیر مورد توجه محققان و شرکت های مختلفی قرار گرفته است. چگونگی مدل سازی کاربران و نحوه گسترش انتشار تبلیغات در شبکه های اجتماعی با هدف بیشینه کردن تاثیر بازاریابی برای تحلیل شبکه های اجتماعی حائز اهمیت است. بنابراین در این مقاله، علاوه بر معرفی بازاریابی از طریق انتشار در شبکه های اجتماعی آنلاین، مدل سازی هایی برای برسی چگونگی گسترش انتشار تبلیغات توسط کاربران مختلف در شبکه های اجتماعی صورت گرفته است. در مدل سازی هایی صورت گرفته از چندین مدل انتشار استفاده شده است و چگونگی تاثیرپذیری افراد مختلف از تبلیغات و انتشار آن در دادگان استاندارد شبکه های اجتماعی شبیه سازی و گزارش شده است.

### کلمات کلیدی

شبکه های اجتماعی، گسترش انتشار، مدل انتشار، بازاریابی.

تأثیر بازاریابی در شبکه های اجتماعی بسیار اهمیت دارد. مشکل بازاریابی در شبکه های اجتماعی به طور گستره مورد مطالعه قرار گرفته است و به طور عمده بر چگونگی انتخاب مجموعه ای از کاربران به عنوان مجموعه اولیه برای بیشینه سازی تعداد کاربران نهایی که جذب محصول می شوند، تمرکز دارد [۱]. به طور کلی، فرآیند انتشار در یک شبکه اجتماعی به این صورت توصیف می شود: در ابتدا، بخشی از کاربران شبکه اجتماعی به عنوان شروع کننده اولیه ای انتشار انتخاب می شوند، این کاربران به عنوان پذیرنده و تبلیغ کننده محصول محسوب می شوند و معرفی یا تولید محصولی را در شبکه اجتماعی

### ۱- مقدمه

با گسترش روزافزون کاربران شبکه های اجتماعی و تاثیر این شبکه ها بر زندگی روزمره انسان ها، مدیران بازاریابی برای افزایش مشتریان شرکت خود و تبلیغات محصولات جدید خود، فعالیت های مختلفی را بر روی این شبکه ها انجام می دهند [۹]. مدل انتشار شبکه، چگونگی انتشار اطلاعات در شبکه های اجتماعی آنلاین را مدل سازی می کند. مطالعه نحوه انتشار برای بیشینه سازی

مجموعه اولیه  $t$  باشد، عملیات انتشار، شامل تعدادی مراحل است که هر مرحله متضایر با تاثیری است که برخی رئوس تحت تاثیر قرار گرفته به همسایگان تحت تاثیر قرار نگرفته می‌فرستد. در این روش هر راس تحت تاثیر قرار گرفته تنها یک بار فرست دارد تا همسایگانش را تحت تاثیر قرار دهد. فرآیند انتشار زمانی که تعداد رئوس فعال در مرحله  $t$  با تعداد رئوس فعال در مرحله  $t-1$  یکی باشند. خاتمه می‌یابد.

اگر در گراف مدل ICM همه یال‌ها احتمالی برابر ۱ داشته باشند گراف کاملاً قطعی است و در غیر این صورت غیر قطعی است. در پیاده‌سازی این روش برای سادگی یک آستانه احتمالی مشخص در نظر گرفته می‌شود که اگر گره  $u$  گره  $v$  را با احتمال بیشتر از آستانه تحت تاثیر قرار دهد،  $v$  فعال می‌شود و در غیر این صورت غیرفعال باقی می‌ماند [۲و۳].

### LTM - ۲-۲

در این مدل فعال شدن یک راس با مجموع تاثیری که همسایگان راس به آن وارد می‌کنند متضایر است. وزن  $W_{u,v}$  متناظر با نیروی است که راس  $u$  به  $v$  وارد می‌کند. این روش به این گونه کار می‌کند که هر راس  $v$  آستانه‌ای در بازه  $(0,1)$  به طور تصادفی می‌گیرد. در این مدل نیز یک مجموعه اولیه انتخاب می‌شود. در هر گام برای هر راس  $v$  اگر مجموع نیروهای واردشده از همسایگانش از آستانه بیشتر گردد، راس  $v$  می‌شود. زمانی که گسترش تاثیر بیشتر امکان‌پذیر نباشد، پردازش خاتمه می‌یابد [۲و۳]. در پیاده‌سازی این روش برای سادگی آستانه همه رئوس با هم برابر و در ابتدای پردازش تعیین می‌گردد.

### CAND - ۳-۳

این روش در [۳] پیشنهاد شده است. این روش از اتماتای سلولی برای شبیه‌سازی مدل انتشاری بهره می‌گیرد. اتماتای سلولی شبکه‌ای از سلول-هاست که هر کدام می‌تواند  $k$  وضعیت داشته باشد. سلول‌ها در اتماتای سلولی می‌توانند در شبکه‌ای با هر ابعادی قرار گیرند. دو نوع همسایگی معروف در اتماتای سلولی دو بعدی به صورت مور<sup>۴</sup> و وان نیومون<sup>۵</sup> همسایگی معروفی شده است، که در حالت اول برای هر سلول مرکزی هشت سلول همسایه و در همسایگی نوع دوم، چهار سلول همسایه در نظر گرفته می‌شود. اتماتای سلولی چندین ویژگی دارد که عبارتند از: ۱) فضا و زمان به صورت گسسته می‌باشند. ۲) هر سلول تعداد محدودی وضعیت ممکن را اختیار می‌کند. ۳) تمام سلول‌ها یکسان می‌باشند<sup>۶</sup> به روز در آوردن سلول‌ها به شکل همگام است. ۴) قوانین به طور قطعی اعمال می‌شوند. ۵) قانون در هر سلول فقط بستگی به مقادیر همسایه‌های اطراف آن دارد و مقدار جدید هر سلول فقط بستگی به مقادیر تعدادی محدود (معمولاً یک مرحله) از مراحل قبل دارد. در مدل سازی انتشار به کمک اتماتای سلولی، هر راس در گراف معادل یک سلول است. همسایگان یک سلول<sup>۷</sup> سلول‌هایی هستند که در گراف از راس  $v$  به آن‌ها یالی وارد می‌شود یا به عبارتی رئوس  $u$ ‌هایی که در ماتریس مجاورت  $UV$  غیر صفر است. در این مدل در هر مرحله سلول‌های فعال به صورت همزمان همسایگانشان را براساس قانونی که تعریف می‌شود فعال می‌کنند [۸].

اعلام می‌کنند. این فرض وجود دارد که، زمانی که انتشار آغاز شد، تبلیغ محصول و تاثیرگذاری آن به وسیله ارتباطات میان کاربران در شبکه اجتماعی گسترش می‌یابد. مدل‌های زیادی برای چگونگی انتشار در شبکه‌های اجتماعی توسط محققین ارائه شده‌اند. از میان این مدل‌ها، مدل‌های ICM<sup>۸</sup> و LTM<sup>۹</sup> [۲] مدل‌هایی هستند که بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۳و۱۴]. در این مقاله، از سه مدل ICM و CAND برای مدل‌سازی مدل انتشار شبکه استفاده می‌شود. برای بررسی این مدل‌ها و بهبود انتشار چندین آزمایش برای مشاهده تعداد مناسب رئوس اولیه و مقدار مناسب آستانه طراحی و پیاده‌سازی شدند.

ادامه این مقاله به این ترتیب طبقه‌بندی می‌شود: بخش ۲ مفاهیم مقدماتی لازم برای درک موضوع را فراهم می‌کند. بخش ۳ کارهای مرتبط با موضوع را پوشش می‌دهد. بخش ۴ شامل معرفی مجموعه‌داده‌های استفاده شده، نتایج آزمایشات و نمودارهای نتایج و تحلیل آن‌هاست و بخش ۵ نتیجه‌ای از تحقیق انجام شده را ارائه می‌دهد.

## ۲- مفاهیم اولیه

در این بخش، مفاهیم اولیه‌ای که برای درک بهتر موضوع نیاز است ارائه می‌گردد.

## ۲-۱- بازاریابی در شبکه‌های اجتماعی

بازاریابی به کمک شبکه‌های اجتماعی، با تبدیل شبکه اجتماعی به ماشین عظیمی که خبرها را دهان به دهان پختش می‌کند، محصول تبلیغی را در معرض دید همه قرار می‌دهد. پیام تبلیغی یک شرکت با استفاده از ترغیب مشتریان به معرفی آن شرکت به دولتان و آشنازیان می‌تواند به صورت چشمگیری افزایش یابد [۱۰].

## ۲-۱-۱- بیشینه‌سازی تاثیر انتشار

با توجه به این حقیقت که شبکه‌های اجتماعی نقش اساسی در گسترش انتشار اطلاعات و ایده‌ها دارند، استفاده از شبکه‌های اجتماعی برای اهداف بازاریابی در مقالات مختلفی پیشنهاد شده است. هدف این روش، گزینش تعداد محدودی کاربر اولیه به گونه‌ای است که با داشتن یک مدل مشخص از انتشار، در انتهای تعداد کاربران تحت تاثیر قرار گرفته بیشینه باشد. در برخی از موارد، محدودیت‌هایی از نظر زمانی و تعداد انتخاب کاربر اولیه نیز ممکن است در نظر گرفته شود [۷-۵].

## ۳- مدل‌های انتشار

در این بخش مدل‌های متدال برای پدیده انتشار در شبکه‌های اجتماعی معرفی می‌شوند.

## ICM - ۱-۱

در این مدل تاثیر هر راس بر این اساس که چگونه همسایگان منحصر به فردش را تحت تاثیر می‌گذارند، تعریف می‌شود. وزن  $W_{u,v}$  برای یال ( $u,v$ ) متناظر با احتمالی است که راس  $u$ ، راس  $v$  را تحت تاثیر می‌گذارد. اگر  $S_0$

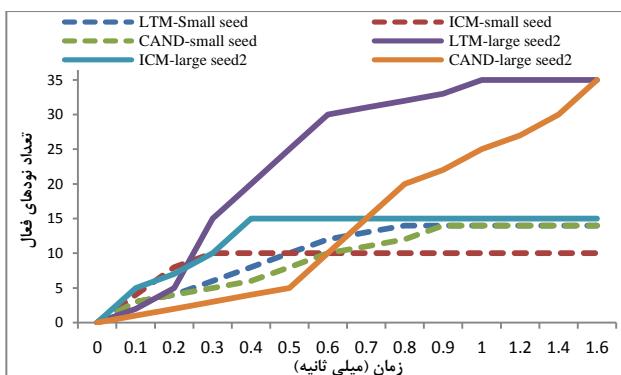
**جدول (۱): جزئیات دادگان آزمایشی مورد استفاده**

نوع شبکه	تعداد یال‌ها	تعداد رؤوس	نام گراف
شبکه اجتماعی	۱۵۶	۳۴	Karate
شبکه ارتباطی دلفین‌ها	۳۱۸	۶۲	Dolphins
شبکه‌ای از موسیقی‌دانان	۵۴۸۱	۱۹۸	Jazz
وب سایت اجتماعی	۳۵۶۸	۱۷۰۶	robots.net
وب سایت اجتماعی	۲۶۹۷	۴۶۱	squeak foundation

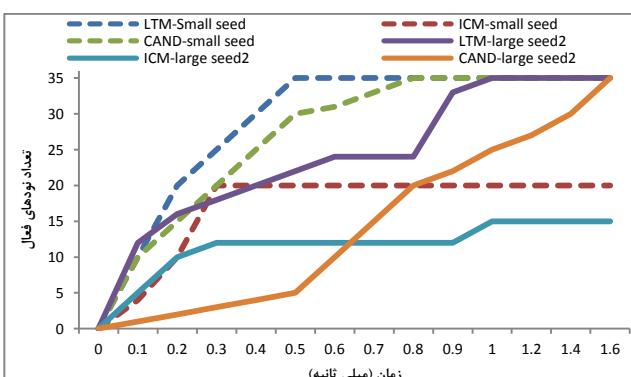
**۴- بررسی آزمایش‌ها**

برای هر یک از مجموعه‌های داده‌ها، دو دسته آزمایش یکی برای بررسی تعداد نمونه‌های اولیه مناسب و دیگری برای بررسی آستانه فعالیت ترتیب داده شده است که در روش‌های CAND و LTM این آستانه برابر احتمالی است که یک گره را فعال می‌کند. در روش ICM آستانه تعريف نمی‌شود. ولی هر گره با احتمالی در هر گام، گره‌های دیگر را فعال می‌کند. زیاد بودن این احتمال را می‌توان به نوعی با زیاد بودن آستانه مقایسه کرد و در یک گروه قرار داد.

برای هر یک از این ۵ مجموعه، آزمایش مختلف انجام شده است. در آزمایش اول و دوم، افراد زودباور (آستانه با مقدار کوچک برابر ۰.۳) برای مجموعه داده اولیه کوچک (۲ کاربر فعال اولیه) و بزرگ (۸ کاربر فعال اولیه) آزمایش شده است. در آزمایش شماره ۳ و ۴، جامعه‌ای با افراد دیرباور (سطح آستانه بالا برابر ۰.۸) برای مجموعه داده اولیه کوچک (۲ کاربر فعال اولیه) و بزرگ (۸ کاربر فعال اولیه) بررسی شده است.



شکل (۱): مقایسه چگونگی گسترش انتشار در جامعه زودباور (۰.۳) و دیرباور (۰.۸) برای مجموعه اولیه ۲ تایی برای karate



شکل (۲): چگونگی گسترش انتشار در جامعه زودباور (۰.۳) و دیرباور karate برای مجموعه اولیه ۸ تایی برای

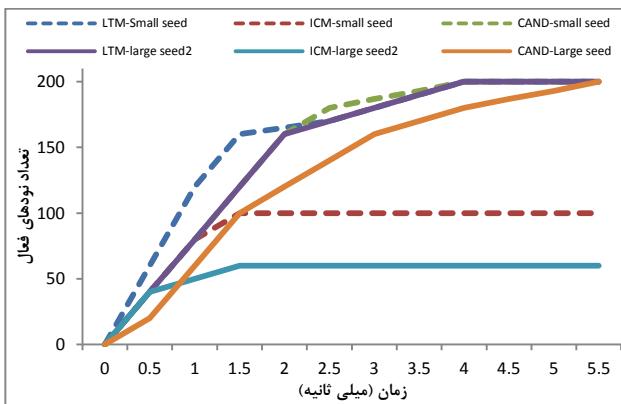
در این روش هر راس متناظر با یک سلول است. مانند دو روش قبل، یک مجموعه اولیه در نظر گرفته می‌شود. سلول‌های فعال اولیه با توجه به قوانینی که بر آن‌ها اعمال می‌شود، همسایگانشان را فعال می‌کنند. در این روش برخلاف دو روش بالا که تنها دو وضعیت فعال و غیر فعال برای رؤوس تعريف می‌شود و تعیین شدن، وضعیت سومی نیز برای سرعت اجرا تعريف می‌شود و آن زمانی است که همه همسایگان یک گره فعال، فعال شده باشند. در این حالت، گره از لیست گره‌ها حذف می‌شود و دیگر هیچ گاه بررسی نمی‌گردد. قوانین آناتماتای سلوی در این روش مشابه روش LT عمل می‌کند به طوری که اگر مجموع نیروی واردۀ از همسایگان یک گام از آستانه بیشتر باشد این راس فعال می‌شود و در غیر این صورت غیرفعال باقی می‌ماند. این روش LT از دو روش بالا سریع‌تر جواب می‌دهد. در پیاده‌سازی دو روش LTM و CAND از یکتابع فراموشی<sup>۷</sup> به صورت یکتابع نزولی برای شبیه‌سازی تاثیر یک سلول با افزایش زمان کاهش استفاده می‌شود.

**۴- آزمایشات**

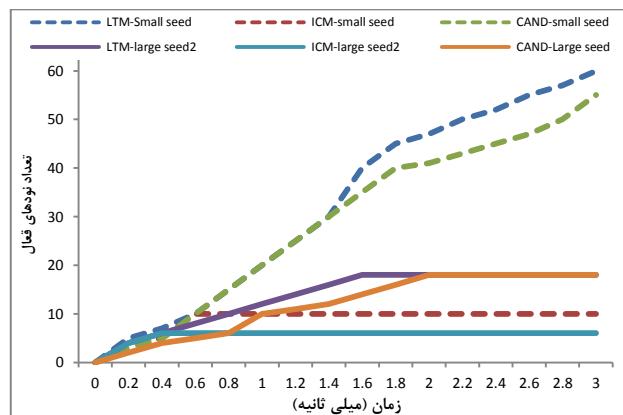
در این روش هر راس متناظر با یک سلول است. مانند دو روش قبل، یک مجموعه اولیه در نظر گرفته می‌شود. سلول‌های فعال اولیه با توجه به قوانینی که بر آن‌ها اعمال می‌شود، همسایگانشان را فعال می‌کنند. در این روش برخلاف دو روش بالا که تنها دو وضعیت فعال و غیر فعال برای رؤوس تعريف می‌شدن، وضعیت سومی نیز برای سرعت اجرا تعريف می‌شود و آن زمانی است که همه همسایگان یک گره فعال، فعال شده باشند. در این حالت، گره از لیست گره‌ها حذف می‌شود و دیگر هیچ گاه بررسی نمی‌گردد. قوانین آناتماتای سلوی در این روش مشابه روش LT عمل می‌کند به طوری که اگر مجموع تاثیر واردۀ از همسایگان یک گام از آستانه بیشتر باشد این راس فعال می‌شود و در غیر این صورت غیرفعال باقی می‌ماند. این روش LT از دو روش بالا سریع‌تر جواب می‌دهد. در پیاده‌سازی دو روش LTM و CAND از یکتابع فراموشی<sup>۷</sup> به صورت یکتابع نزولی برای شبیه‌سازی کاهش تاثیر یک سلول با افزایش زمان کاهش استفاده می‌شود.

**۴-۱- دادگان آزمایشی**

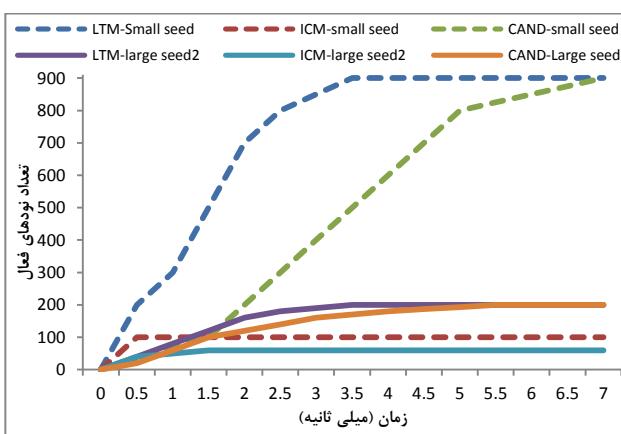
برای شبیه‌سازی مدل انتشاری در شبکه از یک سری دادگان استاندارد در دو گروه مختلف استفاده شده است، در گروه اول از گراف‌های معروف شبکه‌های اجتماعی مانند karate، jazz و dolphin است. در این روش برخلاف دو روش LTM و CAND این گراف‌های استخراج شده از وب‌سایتها شبکه‌های اجتماعی دوم شامل گراف‌های اشتراک‌گاری است که یک وب‌سایت شبکه اجتماعی است. هستند: (۱) squeak foundation، کاربران با یکدیگر در سه سطح ارزیابی می‌شوند. این داده‌ها به کمک یک آمارگیری یک روزه<sup>۹</sup> از دسامبر ۲۰۰۷ جمع آوری شده است. (۲) robots.net، یک وب‌سایت اجتماعی است که به کمک یک نرم‌افزار به اشتراک می‌گذارد، این داده‌ها به کمک یک آمارگیری یک روزه از می ۲۰۰۸ جمع آوری شد. این پایگاه داده بسیار بزرگ‌تر از گروه اول است [۱۲]. جزئیات مربوط به این گراف‌ها در جدول (۱) لیست شده است.



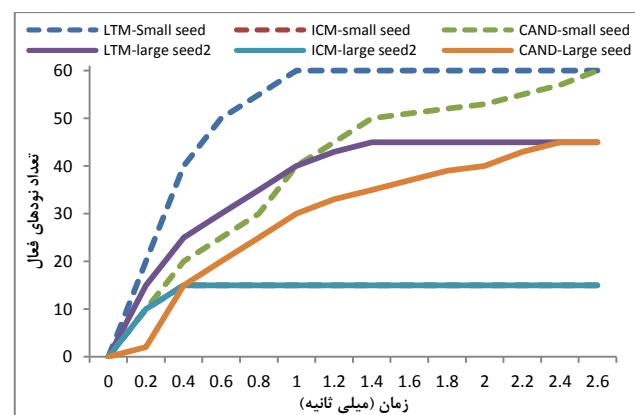
شکل (۶): چگونگی گسترش انتشار در جامعه زودباور (۰.۳) و دیرباور jazz برای مجموعه اولیه ۸ تایی برای (۰.۸)



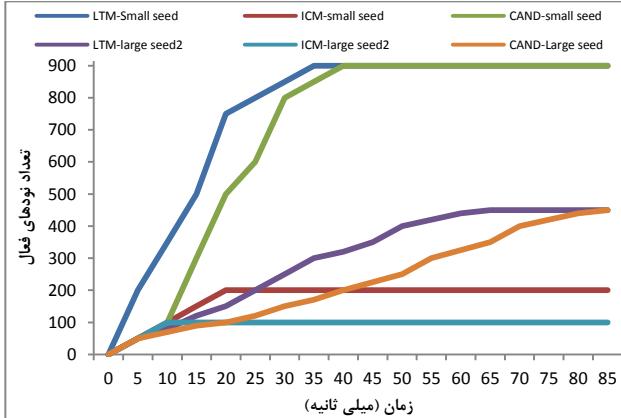
شکل (۳): چگونگی گسترش انتشار در جامعه زودباور (۰.۳) و دیرباور dolphin برای مجموعه اولیه ۲ تایی برای (۰.۸)



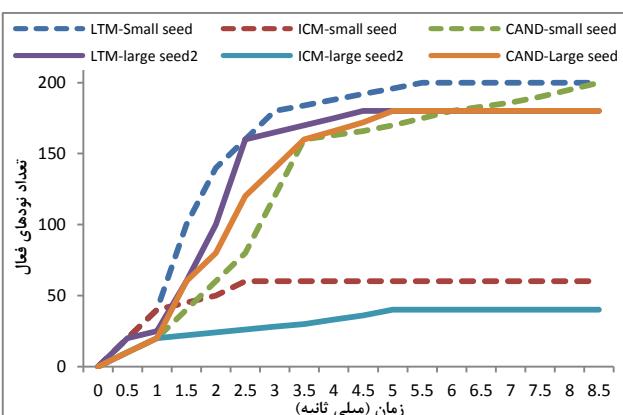
شکل (۷): چگونگی گسترش انتشار در جامعه زودباور (۰.۳) و دیرباور Robots.net برای مجموعه اولیه ۲ تایی برای (۰.۸)



شکل (۴): چگونگی گسترش انتشار در جامعه زودباور (۰.۳) و دیرباور dolphin برای مجموعه اولیه ۸ تایی برای (۰.۸)

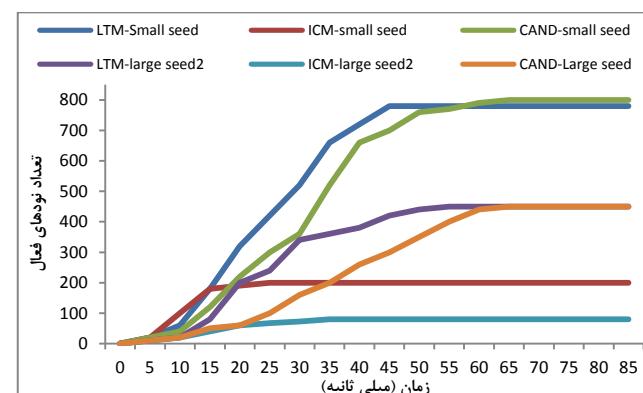


شکل (۸): چگونگی گسترش انتشار در جامعه زودباور (۰.۳) و دیرباور Robots.net برای مجموعه اولیه ۸ تایی برای (۰.۸)

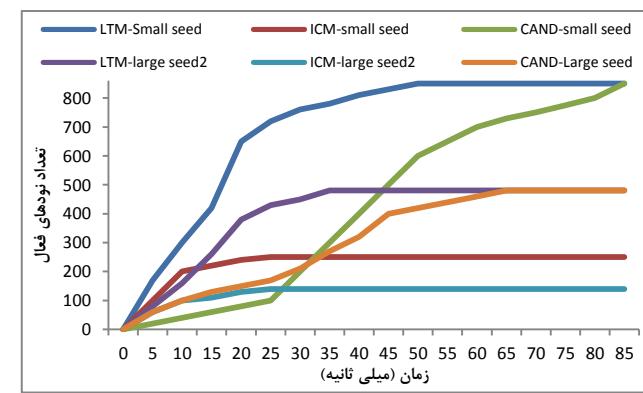


شکل (۵): چگونگی گسترش انتشار در جامعه زودباور (۰.۳) و دیرباور jazz برای مجموعه اولیه ۲ تایی برای (۰.۸)

#### ۴-۱-۲- مجموعه داده Squeak-foundation



شکل (۹): چگونگی گسترش انتشار در جامعه زودباور (۰.۳) و دیرباور (۰.۸) برای مجموعه اولیه ۲ تایی برای squeak-foundation



شکل (۱۰): چگونگی گسترش انتشار در جامعه زودباور (۰.۳) و دیرباور برای مجموعه اولیه ۸ تایی برای squeak-foundation

#### ۵- تحلیل نتایج

در جدول ۲ خلاصه‌ای از آزمایش‌های انجام شده آمده است. این جدول رابطه بین تعداد مجموعه اولیه و میزان آستانه با تعداد کاربران نهایی و زمان خاتمه پردازش را نشان می‌دهد. در این بخش با توجه به این جدول و نمودارهای ارائه شده، تحلیل آزمایش‌های انجام شده ارائه می‌گردد.

#### ۵-۱- مقایسه سه روش

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایشات مشاهده می‌شود که مدل ICM چون هر کاربر فعال تنها یک بار شناس فعال کردن بقیه را دارد کاربران کمی را تحت تاثیر می‌گذارد. دو مدل LTM و CAND از نقطه نظر تعداد کاربران تحت تاثیر قرار گرفته نهایی مانند هم عمل می‌کنند ولی مدل CAND سرعت بیشتری نسبت به مدل LTM در رسیدن به بیشینه ممکن کاربران مجاز دارد.

#### ۵-۲- تغییر در تعداد مجموعه اولیه

با توجه به بررسی نتایج شبیه‌سازی بدست آمده می‌توان چنین تحلیلی داشت که با توجه به آزمون شماره ۱ و ۲ تعداد کاربران بیشتر زمان انتشار را تا میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد به طوریکه وقتی تعداد کاربران اولیه از ۲ به ۵ و

#### ۶- نتیجه‌گیری

بررسی مدل‌های انتشار در شبکه‌های اجتماعی برای مسئله بیشینه‌سازی تاثیر و بازاریابی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این حوزه چالش اصلی برای محققان چگونگی شبیه‌سازی و مدل انتشار و بیشینه‌سازی تاثیر کاربران برای انتشار در شبکه اجتماعی است. در این مقاله سه مدل LTM، ICM و CAND معرفی شده است و سپس شبیه‌سازی مختلفی بر روی این مدل‌ها برای شبیه‌سازی انتشار تاثیر توسط افراد زودباور و دیرباور ارائه شد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که از نظر زمان انتشار مدل CAND بهترین نتیجه را در بین سه مدل دارد و مدل LTM و مدل CAND از نظر تعداد کاربران فعال نهایی به طور تقریبی برابر و با اختلاف زیادی از مدل ICM قرار دارند.

- [7] C. Long, R. C. W. Wong, Minimizing seed for viral marketing in Proceedings of the eleventh International Conference on Data Mining,pp.427-436, 2011.
- [8] D. A. Wolf-Gladrow, Lattics-gas cellular automata and lattice Boltzmann models: an introduction Springer-Verlag, 2000.
- [9] M. Slikker, A. Van den Nouweland, "Social and economic networks in cooperative game theory" Vol. 27. Springer Science & Business Media, 2012.
- [10] E. Serrano, C. A. Iglesias. "Validating viral marketing strategies in Twitter via agent-based social simulation." Expert Systems with Applications 50 (2016): 140-150.
- [11] A. Rezvanian, M. R Meybodi. "Sampling social networks using shortest paths." Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 424 (2015): 254-268.
- [12] Z. S. Jalali, A. Rezvanian, M. R. Meybodi. "Social network sampling using spanning trees." International Journal of Modern Physics C (2016): 1650052.
- [13] H. Li, S. S. Bhowmick, A. Sun, J. Cui,. "Conformity-aware influence maximization in online social networks." The VLDB Journal, 24, no. 1 (2015), 117-141.
- [14] Y. Qin, J. Ma, S. Gao. "Efficient influence maximization under TSCM: a suitable diffusion model in online social networks." Soft Computing (2016): 1-12.

## مراجع

- [1] J. Leskovec, L. A. Adamic, B. A. Huberman. The dynamics of viral marketing. ACM Transactions on the Web, Vol. 1, Issue 1, Article No. 5, 2007.
- [2] D. Kempe, J. Kleinberg, É. Tardos. "Maximizing the spread of influence through a social network." Theory OF Computing 11.4 (2015): 105-147.
- [3] Y. Guisheng, W. Jijie, D. Hongbin, A Cellular automaton based Network Diffusion Model: preparation for more scalable Viral Marketing, in Proceedings of the International Conference on Collaboration Technologies and Systems, pp. 308 – 315, 2012.
- [4] N. K. Ahmed, F. Berchmans, J. Neville, R. Kompella, Time-Based Sampling of Social Network Activity Graphs, In Proceedings of the Eighth Workshop on Mining and Learning with Graphs, pp. 1-9, 2010.
- [5] W. Chen, C. Wang, Y. Wang, Scalable influence maximization for prevalent viral marketing in large-scale social networks, in Proceedings of the sixteenth ACM International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, pp 1029-1038, 2010.
- [6] S. Datta, A. Majumder, S. Nisheet., Viral marketing for multiple products in Proceedings of the tenth International Conference on Data Mining, pp.118-127, 2010.

جدول (۲): نتایج انتشار در شبکه‌های مختلف برای مدل‌های انتشار مختلف.

LTM		ICM		CAND		مجموعه اولیه	آستانه	پایگاه داده
زمان نهایی	رئوس فعال نهایی	زمان نهایی	رئوس فعال نهایی	زمان نهایی	رئوس فعال نهایی			
۱.۵۱	۳۲	۰.۳۴	۱۴	۰.۹۷	۳۶	۲	۰.۳	Karate
-۰.۸۱	۳۳	۰.۲۴	۱۹	۰.۵۱	۳۳	۸		
-۰.۸۴	۱۴	۰.۴۷	۱۱	۰.۸	۱۴	۲		
۱.۱۸	۲۶	۰.۲۶	۱۱	۰.۶	۲۶	۸		
۲.۹۹	۵۵	۰.۵۶	۹	۲.۹	۵۸	۲	۰.۳	Dolphins
۲.۰۴	۵۶	۰.۲۹	۱۵	۰.۹۹	۵۸	۸		
۲.۰۵	۱۸	۰.۷	۶	۱.۰۹	۱۵	۲		
۲.۳	۴۱	۰.۲۸	۱۳	۱.۳۱	۴۲	۸		
۵.۳	۱۹۵	۲.۵۶	۵۸	۳.۵	۱۹۶	۲	۰.۳	Jazz
۵.۵	۱۹۷	۱.۳۴	۶۹	۴.۳	۱۹۷	۸		
۵.۶	۱۸۳	۰.۱۶	۴۰	۴.۰۶	۱۹۰	۲		
۵.۵	۱۹۰	۱.۸۱	۵۳	۳۶	۱۹۰	۸		
۶۶.۵	۸۲۱	۱۲.۵	۹۸	۳۹.۵	۸۵۹	۱۰	۰.۳	robots.net
۶۰	۸۷۶	۱۹	۲۳	۳۵.۵	۸۸۹	۵۰		
۴۰.۵	۱۷۶	۳۵.۵	۷۹	۲۴	۱۸۶	۱۰		
۸۷	۴۱۸	۱۴	۹۹	۶۶	۴۳۱	۵۰		
۶۶.۵	۷۷۷	۴۰	۱۷۹	۴۵.۵	۷۶۴	۱۰	۰.۳	Squeak-foundation
۸۸.۵	۸۰۶	۲۰	۲۰۹	۴۹.۵	۸۳۶	۵۰		
۷۵.۵	۴۴۶	۲۱	۸۶	۴۴	۴۰.۵	۱۰		
۶۰.۲	۴۶۱	۲۴.۵	۱۴۳	۳۴	۴۸۰	۵۰		

<sup>۲</sup> linear threshold model

<sup>۳</sup> seed

<sup>۴</sup> Moore

<sup>۵</sup> von Neumann

<sup>۶</sup> forget function

## زیرنویس‌ها

<sup>۱</sup> independent cascade model



---

<sup>7</sup> forget function

<sup>8</sup> <http://people.squeakfoundation.org>

<sup>9</sup> snapshot