

تأثیر پارامتر مکان بر مرکزیت گره‌ها در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا

محمد حسین پور^۱، محمدرضا ملک^{۲*}

^۱ دانشجوی دکتری سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه

نصیرالدین طوسی

mhosseinpour@mail.kntu.ac.ir

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

mrmalek@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت خرداد ۱۳۹۸، تاریخ تصویب دی ۱۳۹۸)

چکیده

امروزه به دلیل فراگیر بودن استفاده از شبکه‌های اجتماعی، می‌توان از آنها به عنوان ابزاری مناسب، کم‌هزینه و در دسترس برای انتشار انواع اطلاعات و داده در میان انبوه کاربران این شبکه‌ها استفاده نمود. یکی از بهترین روش‌ها جهت افزایش سرعت انتشار اطلاعات، بهره‌گیری از جایگاه اجتماعی افراد تأثیرگذار^۱ یا افراد شاخص است. این افراد با دارا بودن مرکزیت در شبکه‌های اجتماعی می‌توانند بیشترین تأثیر را در شبکه داشته باشند. به منظور شناسایی این افراد و سنجش مرکزیت گره‌ها در یک شبکه، سنجه‌های مختلفی ارائه شده است. هدف این مقاله ارائه یک سنجه جدید با عنوان مرکزیت اجتماعی - مکانی به منظور یافتن گره‌های مرکزی در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا است. این سنجه از ترکیب خطی دو مرکزیت اجتماعی و مرکزیت مکانی بدست آمده است. در سنجه پیشنهادی، گره مرکزی، گرهی خواهد بود که در عین داشتن همسایگان مستقیم بیشتر در مقایسه با سایر گره‌ها، گره‌های همسایه آن از پراکندگی یکنواخت و مناسبی در محدوده مورد مطالعه نیز برخوردار باشند. برای تعیین مرکزیت اجتماعی از مرکزیت درجه و برای محاسبه مرکزیت مکانی نیز از روش فاصله استاندارد استفاده شده است. با ارزیابی همزمان درجه گره‌ها و میزان پراکندگی همسایگان آنها، تعداد k گره اول به عنوان گره‌های تأثیرگذار شناسایی و معرفی می‌شوند. روش جدید همراه با روش‌های موجود سنجش مرکزیت از قبیل مرکزیت درجه، مرکزیت میانی و مرکزیت نزدیکی، بر روی دو شبکه اجتماعی مکان‌مبنای واقعی اعمال گردیده است. نتایج بدست‌آمده نشان می‌دهد پوشش مکانی گره‌های انتخاب‌شده توسط مرکزیت اجتماعی - مکانی در مقایسه با سایر مرکزیت‌ها حالت بیشینه داشته و همچنین میزان همبستگی میان خروجی مرکزیت جدید و نیز مرکزیت‌های مرسوم با افزایش تعداد گره‌های منتخب رو به کاهش است. در مجموع، ارزیابی‌ها نشان‌دهنده تأثیر مثبت روش ارائه‌شده بر بیشینه‌سازی پوشش مکانی در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا می‌باشد.

واژگان کلیدی: مرکزیت گره، انتشار اطلاعات، بیشینه‌سازی تأثیر، پوشش جغرافیایی، شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا

* نویسنده رابط

^۱ Influential Nodes

۱- مقدمه

با گسترش روزافزون استفاده از شبکه‌های اجتماعی، نحوه انتشار اطلاعات از طریق این رسانه‌ها به یک موضوع تحقیقاتی مهم تبدیل گردیده است [۱،۲]. مواردی از قبیل بازاریابی برای محصولات جدید، اطلاع‌رسانی به مردم در وضعیت‌های عادی و بحرانی و پخش نوآوری‌های پزشکی و فن‌آوری، موضوعاتی است که از سوی صاحبان شرکت‌های تولیدی و نیز سازمان‌ها و ارگان‌های دولتی و خصوصی مورد توجه قرار گرفته است [۳،۴].

به منظور دستیابی به این اهداف، روش‌های بیشینه کردن سرعت و کیفیت انتشار اطلاعات در شبکه‌های اجتماعی از سوی محققان حوزه‌های مختلف علوم مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۵،۶]. قسمت عمده این تحقیقات در قالب مسئله بیشینه‌سازی تأثیر^۱ [۷] انجام یافته است. این موضوع از جمله موضوعات چالشی مطرح در این حوزه بوده و هدف آن انتخاب حداقل تعداد نقاط در شبکه با هدف بیشینه کردن تأثیر انتشار اطلاعات در شبکه است. این نقاط دارای نقش محوری در شبکه بوده و توانایی تأثیرگذاری بر روی سایر گره‌ها را دارند. برای شناسایی نقاط تأثیرگذار، سنجه‌های مختلفی مانند مرکزیت درجه^۲ و مرکزیت نزدیکی^۳ ارائه گردیده است [۸]. در این سنجه‌ها، گره‌ها صرفاً با در نظر گرفتن روابط اجتماعی رتبه‌بندی می‌گردند ولی در حالتی که شبکه‌ها در کنار مؤلفه اجتماعی، جنبه مکانی هم داشته باشند، تأثیرات موقعیت مکانی کاربران نیز در نحوه ارزش‌دهی و رتبه‌بندی گره‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. به عنوان نمونه، اگر شرکتی بخواهد در ارائه نوآوری‌ها و محصولات جدید خود، یک منطقه جغرافیایی خاص را مورد هدف قرار دهد و یا در مواقع بحرانی نیازمند اطلاع‌رسانی و هشدار به یک محدوده جغرافیایی خاص باشیم بایستی تأثیرات مکانی را نیز در انتخاب افراد مهم اعمال نماییم.

در شبکه‌های مکانی، فضای تحت پوشش افراد عضو شبکه می‌تواند معیاری برای اندازه‌گیری تأثیرات مکانی باشد، بدین معنی که هرچقدر پوشش مکانی بیشتر باشد تأثیر انتشار اطلاعات یا سرعت و کیفیت اطلاع‌رسانی نیز

بیشتر خواهد بود. بنابراین انتخاب حداقل تعداد نقاط در شبکه از طریق بیشینه کردن پوشش جغرافیایی به عنوان هدف اصلی خواهد بود. در این مقاله با بهره‌گیری از معیار پوشش جغرافیایی، تأثیر موقعیت مکانی گره‌های همسایه بر روی میزان مرکزیت گره‌ها در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا مورد بررسی قرار گرفته و با ارائه یک تعریف جدید از مرکزیت گره‌ها با عنوان مرکزیت اجتماعی - مکانی^۴، اقدام به انتخاب گره‌های دارای بیشترین تأثیرگذاری مکانی شده است. هرچقدر تعداد همسایگان مستقیم یک گره بیشتر بوده و در عین حال دارای پراکندگی یکنواخت و مناسب در سطح منطقه مورد نظر باشند گفته می‌شود که آن گره دارای تأثیرگذاری مکانی بیشتری است. به منظور اندازه‌گیری میزان پراکندگی مکانی مجموعه نقاط از روش فاصله استاندارد^۵ استفاده شده است. با ارزیابی همزمان درجه گره‌ها و میزان پراکندگی مکانی همسایگان آنها، یک امتیاز نهایی برای هر گره محاسبه شده و بر اساس این امتیازات، گره‌ها رتبه‌بندی شده و تعداد k گره اول به عنوان گره‌های تأثیرگذار در شبکه اجتماعی مورد نظر شناسایی و معرفی می‌شوند. نتایج حاصل از مرکزیت پیشنهادی با نتایج روش‌های مرسوم مانند مرکزیت درجه، مرکزیت نزدیکی و مرکزیت میانی^۶، مقایسه گردیده و میزان تأثیر موقعیت مکانی گره‌های همسایه در مرکزیت گره‌ها ارزیابی شده‌اند. به منظور پیاده‌سازی روش پیشنهادی، علاوه بر شبکه‌های نمونه از داده‌های دو شبکه واقعی Brightkite و Gowalla نیز استفاده شده است. به طور خلاصه می‌توان نوآوری‌های مقاله حاضر را به صورت زیر بیان نمود:

- ارائه تعریف جدید از مرکزیت در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا با در نظر گرفتن پراکندگی مکانی همسایگان درجه اول گره‌ها
 - بررسی میزان تأثیر پارامتر مکان بر روی مرکزیت گره‌ها در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا از طریق مقایسه مجموعه نقاط منتخب مرکزیت جدید با مجموعه‌های منتخب مرکزیت‌های مرسوم
- ادامه مقاله به این صورت ساختاردهی شده است. بخش دوم به بررسی کارهای انجام‌گرفته در خصوص تعیین گره‌های مرکزی در شبکه‌های اجتماعی می‌پردازد.

^۴ Socio-Spatial Centrality

^۵ Standard Distance

^۶ Betweenness Centrality

^۱ Influence Maximization Problem (IMP)

^۲ Degree Centrality

^۳ Closeness Centrality

بخش سوم، شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا را معرفی نموده و خواص آنها را بیان می‌کند. در بخش چهارم تعدادی از سنج‌های موجود برای اندازه‌گیری مرکزیت گره‌ها در شبکه‌های اجتماعی معرفی شده‌اند. بخش پنجم به ارائه تعریف جدید از مرکزیت در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا پرداخته است. بخش ششم نیز دربرگیرنده توضیحات تکمیلی و پیاده‌سازی انجام‌شده بر روی دو شبکه اجتماعی مکان‌مبنای واقعی است و قسمت پایانی به نتیجه‌گیری و جمع‌بندی خروجی‌های بدست‌آمده از بخش پیاده‌سازی و نیز معرفی کارهای آتی اختصاص دارد.

۲- پیشینه تحقیق

این بخش به بررسی کارهای انجام‌یافته در خصوص شناسایی گره‌های مرکزی یا گره‌های تأثیرگذار اختصاص دارد. این بررسی در دو بخش مجزا از هم صورت پذیرفته است. بخش اول شامل مروری بر تحقیقات موجود در زمینه گره‌های تأثیرگذار در شبکه‌های اجتماعی بدون در نظر گرفتن بعد مکانی آن‌ها بوده و بخش دوم نیز شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا را مورد بررسی قرار داده است.

موضوع انتخاب گره‌های تأثیرگذار برای اولین بار و با اهداف تجاری توسط دومینگوس و ریچاردسون [۹] معرفی گردید و در ادامه توسط کمپ و همکاران [۱۰]، به عنوان یک مسئله بهینه‌سازی و در قالب پیشینه‌سازی تأثیر مطرح شد. نویسندگان نشان دادند که انتخاب یک مجموعه اولیه از گره‌های تأثیرگذار یک مسئله NP-Hard است و با ارائه یک الگوریتم Greedy ساده یک جواب تقریبی را برای آن ارائه نمودند. الگوریتم DegGreedy ارائه شده توسط نندی و همکاران [۱۱] بر مبنای ترکیبی از مرکزیت درجه - بالا^۱ و یک الگوریتم Greedy عمومی است. الگوریتم مرکزیت درجه - بالا از نظر محاسباتی کارآمد بوده ولی تا زمانی که تأثیر به گره‌های مورد نظر نرسد کار نمی‌کند. از سوی دیگر، الگوریتم Greedy عمومی شروع بهتری برای انتشار تأثیر در بین شبکه دارد و از نظر محاسباتی نیز کارآمد است. ترکیب این دو الگوریتم، انتشار تأثیر بهتر با پیچیدگی زمانی کمتری را ارائه می‌نماید. الگوریتم DDSE ارائه شده توسط کوی و همکاران [۱۲] نیز در ابتدا از یک استراتژی

جستجوی درجه - نزولی^۲ استفاده می‌کند که قادر به تولید مجموعه‌هایی از گره‌ها است که انتشار تأثیر توسط آنها قابل مقایسه با مرکزیت درجه است. بر مبنای این جستجوی درجه - نزولی، یک الگوریتم تکاملی توسعه داده شده است که به طور چشمگیری با حذف شبیه‌سازی‌های زمان‌بر الگوریتم‌های Greedy، کارآمدی را افزایش می‌دهد.

پیشینه‌سازی تأثیر در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا نیز به عنوان یکی از تحلیل‌های مهم مکانی توسط محققان رشته‌های مختلف علوم مورد توجه قرار گرفته است. هدف اصلی تحقیق انجام‌یافته توسط بوروس و همکاران [۱۳] پیدا کردن افراد تأثیرگذار در یک محدوده مکانی خاص بوده است. بدین منظور از یک الگوریتم محاسبه تأثیر منطقه‌ای مبتنی بر دایجسترا جهت اندازه‌گیری تمام فواصل میان جفت گره‌ها و محاسبه تأثیر منطقه‌ای کاربران استفاده شده است. بوسال و کولکارنی [۱۴] نیز از یک الگوریتم Greedy مبتنی بر انجمن جهت پیدا کردن گره‌های تأثیرگذار استفاده کرده‌اند. این الگوریتم دارای دو بخش است: تقسیم شبکه به خوشه‌ها با در نظر گرفتن انتشار اطلاعات و سپس پیدا کردن گره‌های تأثیرگذار در هر خوشه با استفاده از برنامه‌نویسی پویا. در ادامه، وانگ و همکاران [۱۵] گره‌های تأثیرگذار در اطراف یک کاربری خاص مانند رستوران تازه افتتاح‌شده را مدلسازی نموده و یک مدل پیشینه‌سازی تأثیر فاصله - آگاه^۳ را معرفی نمودند که دو عامل انتشار و فاصله کاربران تا موقعیت‌های داده‌شده را تلفیق می‌کند. لی و همکاران [۱۶] نیز موضوع پیدا کردن گره‌های تأثیرگذار در یک محدوده مکانی خاص در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا را مورد توجه قرار داده‌اند. بدین منظور، الگوریتم‌هایی ارائه شده‌اند که هدف آنها افزایش سرعت انتشار اطلاعات است.

در مجموع و در حالی که بیشتر کارهای موجود تا حدودی موقعیت کاربران را در تحلیل‌های مربوط به تعیین میزان تأثیرگذاری گره‌ها در نظر می‌گیرند ولی موقعیت همسایگان گره‌ها به ندرت مورد توجه قرار گرفته است. در حقیقت، توزیع مکانی گره‌های همسایه می‌تواند نقش بسزایی در میزان تأثیرگذاری خود گره‌ها و تعیین مرکزیت آنها داشته باشد. این موضوعی است که مقاله حاضر قصد بررسی آن را دارد.

^۲ Degree-Descending Search Strategy

^۳ Distance-Aware Influence Maximization

^۱ High-Degree Centrality

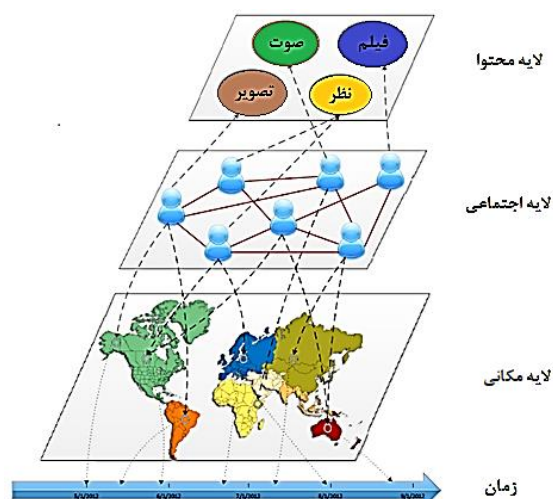
۳- شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا

استفاده گسترده از تجهیزات هوشمند همراه و خدمات مکان‌مبنا^۱ منجر به رشد نوعی از رسانه‌های اجتماعی با نام شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا شده است. این شبکه‌ها از فن آوری تعیین موقعیت و تکنولوژی وب و دستگاه‌های همراه بهره می‌برند تا به کاربران اجازه دهند فعالیت‌هایی از قبیل به اشتراک‌گذاری موقعیت خود، پیدا کردن نقاط جاذب محلی، ارائه نظر در مورد مکان‌های خاص، برقراری ارتباط با دوستان خود و پیدا کردن دوستانی که در نزدیکی آنها قرار دارند را انجام دهند. در واقع این شبکه‌ها به عنوان پل ارتباطی بین جهان واقعی و شبکه‌های اجتماعی برخط عمل می‌نمایند [۱۷]. تحقیقات نشان می‌دهد که تعداد کاربران این نوع شبکه‌ها هر سال در حال افزایش است و به طور مثال از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۲ از حدود ۱۲ درصد به ۱۸ درصد رسیده است [۱۸]. رشد سریع شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا باعث گردیده است تا به حجم بالایی از داده‌های کاربران که شامل خط سیر^۲ و روابط اجتماعی آنان است دسترسی داشته باشیم. این داده‌ها فرصتی برای محققان فراهم می‌آورد تا رفتارهای حرکتی کاربران را از جنبه‌های مکانی، زمانی و اجتماعی بررسی نمایند.

شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا از طریق ارائه خدمات مکان‌مبنا به کاربران اجازه می‌دهند تا در مکان‌های مختلف صفحه شخصی خود را بازبینی نمایند و با این کار به طور خودکار موقعیت آنها در سامانه ثبت می‌گردد. عمل ثبت محل^۳، یک فعالیت برخط است که موقعیت جغرافیایی کنونی کاربر را اخذ می‌نماید تا از طریق رسانه اجتماعی به دوستان وی اطلاع دهد که در چه زمانی و در کجا قرار دارد [۱۹]. در واقع عمل ثبت محل، محل تلاقی جهان واقعی با جهان مجازی است. بنابراین مطالعه محل‌های ثبت‌شده در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا محیط ایده‌آلی را برای تحلیل رفتار کاربران در جهان واقعی و در نتیجه بهبود و توسعه خدمات مکان‌مبنا فراهم می‌آورد.

شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا دارای یک چارچوب چهارلایه‌ای مطابق شکل ۱ هستند. لایه مکانی^۴ شامل تاریخچه‌ای از محل‌های بازدیدشده توسط کاربر بوده و

لایه اجتماعی^۵ دربرگیرنده اطلاعات مربوط به دوستی‌های اجتماعی است. لایه محتوا^۶ نیز شامل نظرات و بازخورد کاربران در مورد مکان‌های مختلف می‌باشد. همه این لایه‌ها به طور مشترک با یک لایه زمانی^۷ در ارتباط هستند که نشان‌دهنده اطلاعات زمانی مربوط به محل‌های ثبت‌شده کاربر است.



شکل ۱- لایه‌های اطلاعاتی موجود در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا [۲۰]

۴- مرکزیت در شبکه‌های اجتماعی

معمولاً افراد با اهداف گوناگون از قبیل تبادل اطلاعات، به اشتراک‌گذاری ایده‌ها و نظرات، همکاری‌های علمی و غیره با یکدیگر در ارتباط هستند. این ارتباطات به همراه افراد درگیر در این ارتباطات تشکیل شبکه‌های اجتماعی را می‌دهند. این شبکه‌ها در مقیاس‌های مختلف از چندین نفر تا چند صد هزار نفر می‌توانند متغیر باشند. همچنین نقش برخی از افراد در داخل شبکه‌ها نسبت به سایرین پررنگ‌تر است که با عناوینی از قبیل نقاط رهبر، شاخص، مهم، تأثیرگذار، مرکزی و حیاتی شناخته می‌شوند. شناسایی این افراد به ما اجازه می‌دهد تا بر روی چگونگی و سرعت انتشار اطلاعات، انتشار بیماری‌ها، تبلیغ مؤثرتر محصولات تجاری، و یا شناسایی سرشاخه‌های گروه‌های مختلف کنترل داشته باشیم. مهم‌بودن افراد در شبکه‌های گوناگون می‌تواند تعاریف و مفاهیم متعددی داشته باشد، چنانچه مهم‌بودن یک فرد در یک شبکه متشکل از پرسنل یک اداره متفاوت از مفهوم مهم‌بودن همان فرد در یک شبکه متشکل از افراد

^۵ Social Layer
^۶ Content Layer
^۷ Timeline

^۱ Location Based Services (LBS)

^۲ Trajectory

^۳ Check-in

^۴ Geographical Layer

تعریف مرکزیت در سطح گره می‌تواند به کل شبکه تعمیم داده شود که از آن به مرکزیت گراف^۲ $(C_D(G))$ [۲۲] یاد می‌شود و از رابطه (۲) قابل محاسبه است:

$$C_D(G) = \frac{\sum_{i=1}^n [C_D(n^*) - C_D(n_i)]}{[(n-1)(n-2)]} \quad (2)$$

که در آن $C_D(n^*)$ بزرگترین درجه مشاهده شده و n تعداد گره‌های شرکت کننده است.

۴-۲- مرکزیت نزدیکی

مرکزیت نزدیکی بر مبنای میزان نزدیکی و فاصله بین نقاط استوار می‌باشد. این مرکزیت میزان نزدیک بودن یک گره به سایر گره‌ها را اندازه‌گیری می‌نماید. در واقع ایده اصلی این است که یک گره زمانی مرکزیت دارد که بتواند در اسرع وقت با تمام گره‌های دیگر تعامل داشته باشد [۲۳]. میزان دوری گره n به صورت مجموع فواصل آن گره از سایر گره‌ها تعریف می‌شود و میزان نزدیکی آن طبق تعریف، برابر عکس دوری است [۲۴]. در نتیجه مرکزیت نزدیکی گره n_i $(C_C(n_i))$ از رابطه (۳) بدست می‌آید که در آن $d(n_i, n_j)$ برابر فاصله بین دو گره n_i و n_j است:

$$C_C(n_i) = \frac{1}{\sum_{j=1}^n d(n_i, n_j)} \quad (3)$$

همچنین مقدار مرکزیت نزدیکی برای کل شبکه از رابطه (۴) بدست می‌آید که در آن $C_C(n^*)$ برابر بزرگترین مقدار مرکزیت نزدیکی در مجموعه نقاط بوده و n برابر تعداد کل گره‌های موجود در شبکه است.

$$C_C = \frac{\sum_{i=1}^n [C_C(n^*) - C_C(n_i)]}{[(n-1)(n-2)]/(2n-3)} \quad (4)$$

۴-۳- مرکزیت میانی

در یک گراف متصل، زمانی که دو گره همسایه نباشند جهت رسیدن از یک گره به دیگری، نیازمند عبور از یک یا چند گره دیگر هستیم. یعنی این گره‌ها مابین دو گره مورد نظر قرار دارند و تبادل اطلاعات بین دو گره را کنترل می‌نمایند. در مرکزیت میانی، ایده اصلی این است که یک گره تا چه اندازه در فاصله ارتباطی میان گره‌های دیگر واقع

فامیل خواهد بود. شناسایی افراد مهم در یک شبکه کار ساده‌ای نبوده و معیارهای موجود برای مهم‌بودن افراد نیز متنوع هستند. بنابراین یک شاخص عمومی که به بهترین نحو تعیین‌کننده میزان مهم‌بودن افراد در یک شبکه باشد وجود ندارد و این شاخص از یک شبکه به شبکه دیگر و از یک وضعیت به وضعیت دیگر متغیر خواهد بود. همچنین محلی یا سراسری بودن این شاخص‌ها نیز می‌تواند محل اختلاف و تولید مفاهیم مختلف از مرکزیت باشد. در تئوری گراف و تحلیل‌های شبکه، مفهوم مرکزیت دلالت بر گره‌هایی دارد که در شبکه دارای اهمیت نسبی بالاتری می‌باشند. این مفهوم برای اولین بار در مباحث مربوط به تحلیل‌های شبکه اجتماعی عنوان گردید و بسیاری از اصطلاحات بعدی در زمینه تعیین مرکزیت، منشأ جامعه شناختی^۱ دارد [۲۱]. تعیین نمودن این گره‌ها به عنوان یکی از عناصر کلیدی در بسیاری از کاربردها محسوب می‌گردد. این گره‌ها نقش بسزایی را در فرآیند انتشار اطلاعات در شبکه‌های اجتماعی به عهده داشته و باعث افزایش سرعت و کیفیت انتشار اطلاعات خواهند شد. به منظور تعیین این نوع گره‌ها روش‌های متنوعی وجود دارد که در ادامه به معرفی تعدادی از آنها پرداخته می‌شود.

۴-۱- مرکزیت درجه

مرکزیت درجه، ساده‌ترین اندازه‌گیری برای نشان دادن اهمیت یک گره است. در واقع هرچقدر تعداد ارتباطات یک گره با سایر گره‌ها بیشتر باشد دلالت بر اهمیت و مرکزیت آن گره خواهد داشت. بنابراین به طور ساده می‌توان درجه یک گره را به عنوان یک سنججه جهت اندازه‌گیری میزان مرکزیت آن گره معرفی نمود. در مورد شبکه‌های جهت‌دار، دو نوع مرکزیت درجه تعریف می‌شود: درجه ورودی و درجه خروجی. درجه ورودی نشان‌دهنده میزان محبوبیت یک گره بوده و درجه خروجی نشان‌دهنده میزان علاقمندی یک گره به دنبال نمودن سایر گره‌ها می‌باشد. در یک گراف، مرکزیت درجه برای گره v $(C_D(v))$ از رابطه (۱) بدست می‌آید که در آن $\deg(v)$ برابر درجه گره v است:

$$C_D(v) = \deg(v) \quad (1)$$

^۲ Graph Centrality

^۱ Sociology

شده است و نقش واسط را بازی می‌نماید. هرچقدر میزان این حضور پررنگ‌تر باشد نشان‌دهنده این است که گره دارای مرکزیت میانی بالایی است. این مفهوم توسط فریمین [۲۵] به عنوان یک سنج جهت اندازه‌گیری میزان کنترل یک شخص بر روی ارتباطات میان سایر افراد در یک شبکه اجتماعی معرفی شده است. برای محاسبه مقدار مرکزیت میانی، C_B براندس [۲۶] رابطه (۵) را ارائه نموده است:

$$C_B(n_i) = \sum_{j < k} g_{jk}(n_i) / g_{jk} \quad (5)$$

که در آن g_{jk} برابر تعداد کل کوتاهترین مسیرها از گره j به گره k و $g_{jk}(n_i)$ برابر تعداد کوتاهترین مسیرهایی است که از گره n عبور می‌نمایند. برای نرمال کردن این کمیت می‌توان آن را بر تعداد جفت گره‌های غیر شامل n تقسیم نمود. برای گراف‌های جهت‌دار این تعداد برابر $(n-1)(n-2)$ و برای گراف‌های غیرجهت‌دار برابر $(n-1)(n-2)/2$ است.

۵- مرکزیت اجتماعی - مکانی پیشنهادی

موقعیت مکانی کاربران، نحوه انتشار مکانی اطلاعات را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عنوان مثال، کاربران می‌توانند به دلیل حضور دوستان آنها در یک منطقه خاص، اطلاعات را راحت‌تر به آن نقطه انتقال دهند. سنج‌های قبلی مرکزیت، صرفاً روابط اجتماعی را مد نظر قرار داده‌اند ولی پیدا کردن گره‌های مهم با در نظر گرفتن افرادی که در یک موقعیت خاص قرار دارند به عنوان یک مسئله چالشی به قوت خود باقی است. امکان اندازه‌گیری مرکزیت مکانی همزمان با مرکزیت اجتماعی این اجازه را به ما می‌دهد تا بتوانیم کاربران را مطابق با تعداد دوستان آنها در یک منطقه خاص رتبه‌بندی کنیم. این رتبه‌بندی می‌تواند در انتخاب افراد هدف در انتشار اطلاعات مورد استفاده قرار گیرد. در این قسمت، تعریف جدیدی از مرکزیت با عنوان مرکزیت اجتماعی - مکانی برای گره‌ها در شبکه‌های اجتماعی مکان مبنا ارائه می‌دهیم. این مرکزیت ترکیبی از مرکزیت اجتماعی^۱ و مرکزیت مکانی^۲ گره‌ها خواهد بود.

تعریف ۱ (مرکزیت اجتماعی): مرکزیت اجتماعی، نشان‌دهنده میزان تعامل یک گره با سایر گره‌ها در یک شبکه اجتماعی است و می‌تواند یکی از انواع مرکزیت‌های

مرسوم مانند مرکزیت درجه و مرکزیت میانی و یا ترکیبی از آنها باشد. در این بخش، کمیت نرمال‌شده مرکزیت درجه $C_D(v)$ به عنوان مرکزیت اجتماعی $(C_{so}(v))$ در نظر گرفته خواهد شد. بنابراین هرچقدر درجه یک گره و به عبارتی میزان ارتباطات یک گره با گره‌های دیگر بیشتر باشد، آن گره از مرکزیت اجتماعی بالاتری برخوردار خواهد بود. رابطه شماره (۶) نحوه محاسبه مرکزیت اجتماعی را برای گره نمونه v نشان می‌دهد که در آن N برابر تعداد گره‌های موجود در شبکه است.

$$C_{so}(v) = \deg(v) / N \quad (6)$$

تعریف ۲ (مرکزیت مکانی): در اینجا منظور از مرکزیت مکانی یک گره، میزان یکنواخت بودن پراکندگی مکانی همسایگان مستقیم آن گره در یک محدوده مشخص می‌باشد. برای اندازه‌گیری پراکندگی مکانی گره‌های همسایه نیز از کمیت فاصله استاندارد (SD) استفاده شده است. این کمیت می‌تواند طبق رابطه شماره (۷) میزان خوشه‌ای بودن یا پراکنده بودن مجموعه نقاط همسایه گره v را اندازه‌گیری کند.

$$SD_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (7)$$

که در آن n تعداد همسایگان یا به عبارتی درجه گره v و (X_i, Y_i) موقعیت مکانی همسایه i ام و $(\bar{X}, \bar{Y})$ مرکز هندسی گره‌های همسایه است که از رابطه (۸) قابل محاسبه است:

$$(\bar{X}, \bar{Y}) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \right) \quad (8)$$

با نرمال کردن فاصله استاندارد، مقدار مرکزیت مکانی C_{sp} برای گره نمونه v از رابطه (۹) بدست می‌آید که با استفاده از مقادیر کمینه و بیشینه فاصله استاندارد نرمال شده است:

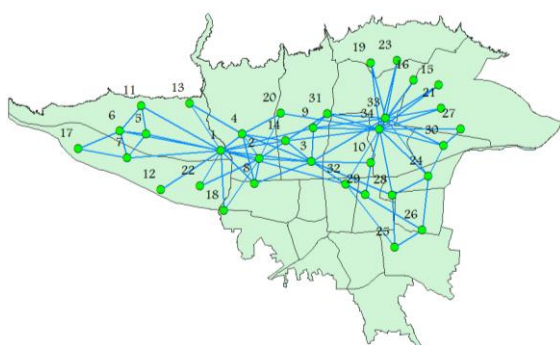
$$C_{sp}(v) = \frac{SD_v - \min(SD)}{\max(SD) - \min(SD)} \quad (9)$$

تعریف ۳ (مرکزیت اجتماعی - مکانی): با ترکیب دو مرکزیت قبلی به ارائه تعریف جدیدی از مرکزیت گره‌ها در شبکه‌های اجتماعی می‌پردازیم. طبق تعریف، در شبکه‌های اجتماعی مکان مبنا، گرهی دارای مرکزیت خواهد بود که در عین دارا بودن مرکزیت اجتماعی، گره‌های همسایه آن نیز از توزیع یکنواخت در محدوده

^۱ Social Centrality

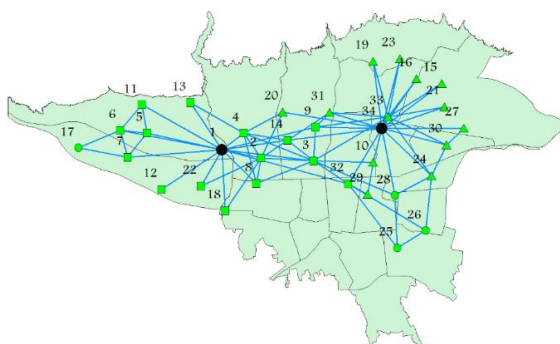
^۲ Spatial Centrality

در ادامه و قبل از پیاده سازی مرکزیت جدید بر روی شبکه های واقعی، با استفاده از یک شبکه کوچک مکان مبنا که دارای ۳۴ گره و ۷۸ یال است، تأثیر پارامتر مکان بر روی مرکزیت گره ها تشریح می گردد. اعضای این شبکه در یک محدوده مکانی پراکنده بوده و هر یک از گره های عضو شبکه به یک نقطه زمینی منتسب گردیده اند (شکل ۳). ابتدا به بررسی نحوه پوشش مکانی دو نمونه از سنجه های مرکزیت معرفی شده در بالا یعنی مرکزیت درجه و مرکزیت نزدیکی می پردازیم.



شکل ۳- یک شبکه اجتماعی مکان مبنا شامل روابط اجتماعی و موقعیت مکانی گره ها

در صورتی که از روش مرکزیت درجه برای تعیین گره های مهم استفاده نماییم به دو گره مهم با شماره های ۱ و ۳۴ خواهیم رسید که به ترتیب دارای ۱۶ و ۱۷ یال ارتباطی هستند. قصد داریم تا مشخص نماییم که افراد مرتبط با این گره های مهم تا چه اندازه از محدوده مکانی را که در آن قرار دارند پوشش می دهند. برای این کار، تنها ارتباطات از درجه اول را در نظر گرفته و همسایگان مستقیم این گره ها را شناسایی می نماییم (شکل ۴).



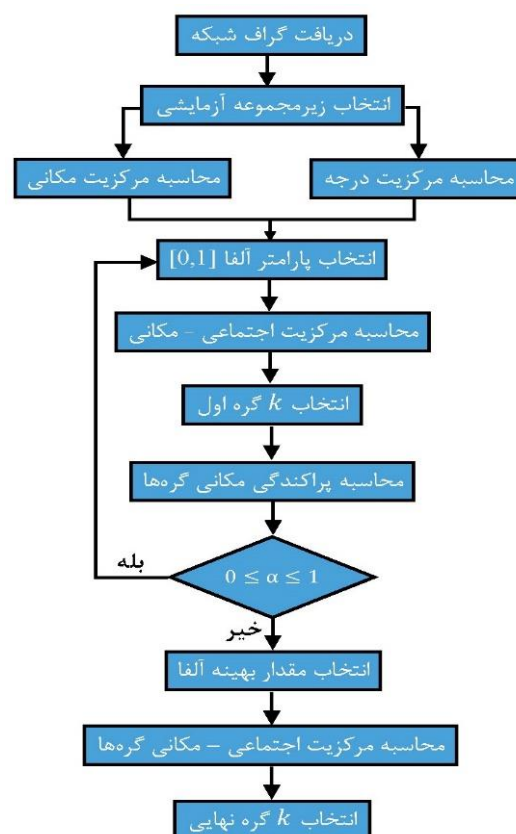
شکل ۴- شناسایی گره های مهم (نقاط ۱ و ۳۴) با روش مرکزیت درجه و همسایگان مستقیم آنها (اشکال مربع و مثلث)

در مرحله بعد با استفاده از رابطه شماره (۷)، برای مجموعه همسایگان گره های مرکزی، مقدار فاصله

مورد نظر برخوردار باشند. از آنجائیکه ممکن است امکان تأمین همزمان این دو شرط برای گره ها وجود نداشته باشد لذا یک ترکیب خطی از این دو مرکزیت می تواند کمیت جدید و مناسبی را جهت سنجش میزان اهمیت گره ها در شبکه ارائه نماید. بنابراین مطابق رابطه شماره ۱۰، مرکزیت اجتماعی - مکانی (C_{ss}) با استفاده از پارامتر α و از ترکیب خطی دو مرکزیت قبلی بدست می آید:

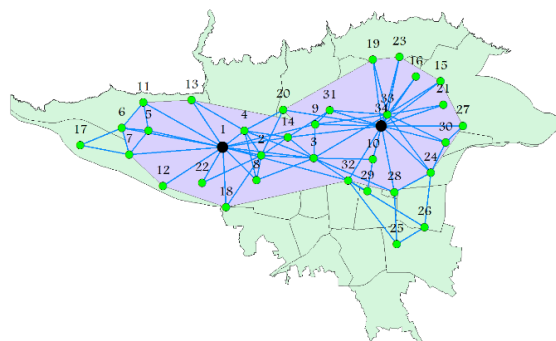
$$C_{ss}(v) = \alpha \cdot C_{so}(v) + (1 - \alpha) \cdot C_{sp}(v) \quad (10)$$

پارامتر α برای هر شبکه با تعداد گره ها و یال های مختلف، متفاوت بوده و از طریق تست کردن بر روی مجموعه نقاط آموزشی منتخب از شبکه مورد نظر قابل محاسبه است. روش کار به این صورت است که با انتخاب مقادیر مختلف از صفر تا یک برای پارامتر α مجموعه گره های نهایی را محاسبه کرده و با مقایسه این مجموعه های بدست آمده با یکدیگر، بهترین مقدار ممکن برای α را تعیین می کنیم. سپس با اعمال این مقدار بهینه، اقدام به محاسبه مرکزیت های اجتماعی - مکانی و انتخاب مجموعه گره های نهایی از بین مجموعه گره های کل شبکه می نماییم. فلوچارت روش پیشنهادی برای اندازه گیری مرکزیت گره ها در شکل ۲ نمایش داده شده است.



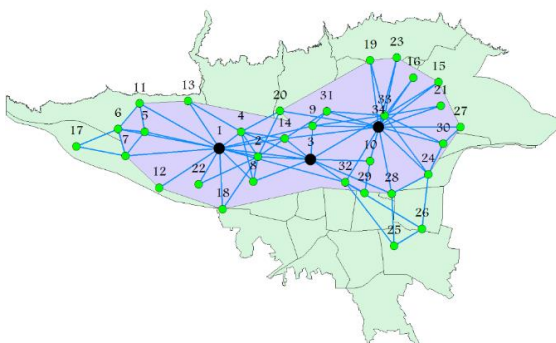
شکل ۲- فلوچارت مرکزیت اجتماعی - مکانی پیشنهادی

استاندارد را محاسبه می‌کنیم که برابر $10018/37$ متر خواهد بود. شکل ۵ به صورت نمایشی، محدوده مکانی پوشش داده‌شده توسط گره‌های همسایه را از طریق ترسیم بزرگترین چندضلعی محدب نمایش می‌دهد.



شکل ۵- محدوده مکانی پوشش داده شده توسط همسایگان مستقیم گره‌های مرکزی

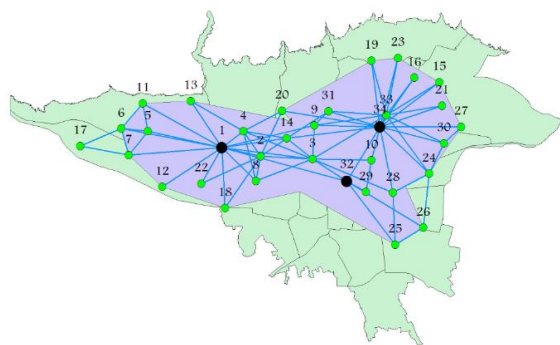
حال اگر روش مرکزیت نزدیکی را برای شناسایی نقاط مهم به کار ببریم به نقاط ۱، ۳ و ۳۴ خواهیم رسید. مقدار مرکزیت نزدیکی برای نقطه ۱ برابر $1/58$ و برای نقاط ۳ و ۳۴ برابر $1/60$ بوده و این مقادیر در بین مقادیر مرکزیت نزدیکی محاسبه‌شده برای کل گره‌ها، بیشترین می‌باشند. بعد از شناسایی همسایگان مستقیم این گره‌های مرکزی، مقدار فاصله استاندارد برای این مجموعه همسایگان برابر $10023/19$ متر برآورد می‌شود. همچنین محدوده مکانی تحت پوشش آنها بعد از ترسیم، مطابق شکل ۶ خواهد بود. همانطور که دیده می‌شود در مقایسه با روش مرکزیت درجه، مقدار فاصله استاندارد یا همان میزان پوشش مکانی بیشتر شده است.



شکل ۶- محدوده مکانی تحت پوشش همسایگان نقاط مرکزی در روش مرکزیت نزدیکی

در روش مرکزیت درجه فرض کنید بخواهیم علاوه بر دو گره مرکزی انتخاب شده به گره مرکزی سوم دست پیدا کنیم. با یک بررسی ساده بر روی درجه گره‌ها، معلوم

خواهد شد که گره شماره ۳۳ به عنوان گره مهم بعدی است. چرا که دارای ۱۲ یال ارتباطی با بقیه افراد می‌باشد. حال اگر شکل ۵ را در نظر بگیریم خواهیم دید که دو گره ۳۳ و ۳۴ در بسیاری از گره‌های همسایه مشترک هستند و این یعنی این که با محاسبه مقدار فاصله استاندارد، تقریباً به همان مقدار تعیین شده قبلی خواهیم رسید. پس، انتخاب این گره تأثیری در گسترش محدوده مکانی نخواهد داشت. اما اگر به جای گره ۳۳ گره شماره ۳۲ که دارای درجه گره پایین‌تر نسبت به گره ۳۳ و نسبتاً بالا در مقایسه با سایر نقاط است خواهیم دید که همسایگان مستقیم این گره، در خارج از محدوده قبلی تعیین شده قرار دارند. در نتیجه، انتخاب گره شماره ۳۲ باعث افزایش مقدار فاصله استاندارد به $10219/73$ متر و افزایش محدوده تحت پوشش و در نهایت، افزایش تأثیر انتشار اطلاعات به لحاظ مکانی خواهد بود (شکل ۷).



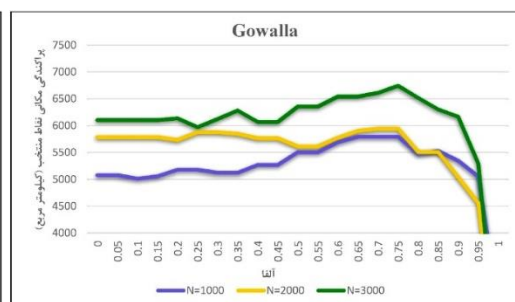
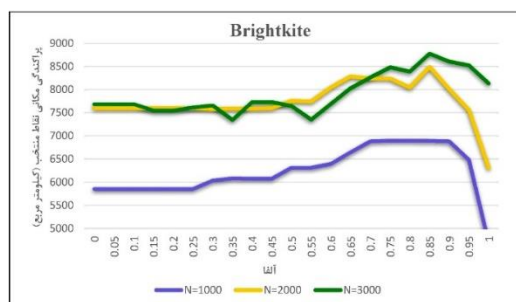
شکل ۷- انتخاب گره شماره ۳۲ به عنوان گره مرکزی بعدی و تأثیر آن بر گسترش محدوده مکانی تحت پوشش

در روش مرکزیت نزدیکی نیز ابتدا نقاط ۱، ۳ و ۳۴ انتخاب گردیده بودند که در این روش هم می‌توان با اعمال شرط مکانی، گره ۳۲ را جایگزین گره شماره ۳ نمود و به این ترتیب دوباره به نتیجه نمایش داده شده در شکل ۷ خواهیم رسید. در واقع با اعمال قید مکانی بر روی روش‌های تعیین مرکزیت درجه و نزدیکی که صرفاً بر مبنای روابط بین اعضاء عمل می‌نمایند، می‌توان نتایج این روش‌ها را در مورد شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا بهینه نمود.

۶- پیاده‌سازی و ارزیابی

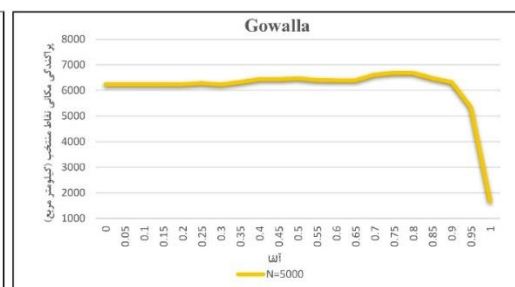
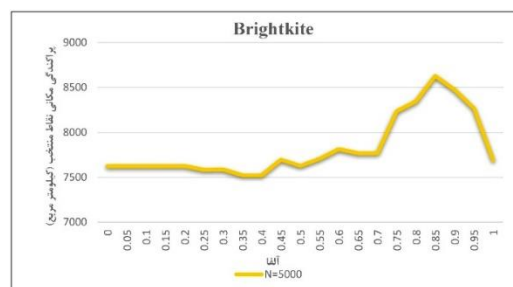
به منظور پیاده‌سازی روش پیشنهادی از دو شبکه اجتماعی مکان‌مبنا واقعی به نام‌های Brightkite و Gowalla استفاده شده است [۲۷]. Brightkite یک شبکه اجتماعی مکان‌مبنا بود که کاربران می‌توانستند موقعیت

۳۰۰۰ به صورت تصادفی انتخاب نموده و از آنها به عنوان داده آموزشی جهت تخمین مقدار مناسب α استفاده شد. با تغییر مقدار α از ۰ تا ۱ و با گام‌های ۰,۰۵، مقدار مرکزیت اجتماعی - مکانی برای گره‌های واقع در زیرمجموعه‌های منتخب محاسبه شده و با رتبه‌بندی گره‌ها بر مبنای این مرکزیت، تعداد k گره اول به عنوان گره‌های دارای مرکزیت بالا انتخاب شدند. با توجه به تعداد گره‌های مربوط به داده‌های آموزشی، مقدار k برابر ۵۰ در نظر گرفته شد. سپس برای هر مجموعه k ، مجموع پوشش مکانی گره‌های همسایه محاسبه شده و در نمودار پارامتر α - توزیع مکانی ترسیم گردید. این نمودار برای هر سه زیرمجموعه آموزشی از هر دو شبکه واقعی ترسیم شده و با بررسی آنها مقدار مناسب برای پارامتر α تعیین شد. همانطور که در شکل ۸ دیده می‌شود مقدار α برای شبکه Brightkite برابر ۰,۸۵ و برای شبکه Gowalla برابر ۰,۷۵ برآورد شده است. همانطور که انتظار می‌رود و از روی اشکال نیز مشهود است با افزایش تعداد داده‌های آموزشی از ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میزان توزیع مکانی گره‌ها نیز بیشتر شده است.



شکل ۸- تعیین مقدار بهینه برای پارامتر α با استفاده از داده‌های آموزشی دو شبکه Brightkite و Gowalla

بهینه بودن گره‌های منتخب، برای دیگر مقادیر α نیز مجموعه گره‌های نهایی تعیین و سپس نمودار توزیع مکانی گره‌ها در مقابل مقدار α ترسیم شد. شکل ۹ نتایج بدست‌آمده از این ارزیابی را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشخص است، مجموعه گره‌های منتخب نهایی از هر دو شبکه واقعی برای مقادیر تعیین‌شده α در مرحله قبل، دارای بیشترین توزیع مکانی هستند.



شکل ۹- سنجش صحت مقادیر برآورد شده برای پارامتر α با استفاده از داده‌های تست برای دو شبکه Brightkite و Gowalla

خود را از طریق ثبت محل به اشتراک بگذارند. این شبکه متشکل از ۵۸,۲۲۸ گره و ۲۱۴,۰۷۸ یال است. Gowalla نیز یک شبکه اجتماعی مکان‌مبنا است که کاربران امکان به اشتراک‌گذاری موقعیت فعلی خود را دارند. این شبکه بدون جهت بوده و شامل ۱۹۶,۵۹۱ گره و ۹۵۰,۳۲۷ یال است. برای شبکه اول حدود ۴,۵ میلیون و برای شبکه دوم حدود ۶,۵ میلیون ثبت محل انجام شده است. جدول ۱ ویژگی‌های عمومی این مجموعه‌داده‌ها را نمایش می‌دهد.

جدول ۱- اطلاعات آماری مجموعه‌داده‌های استفاده شده

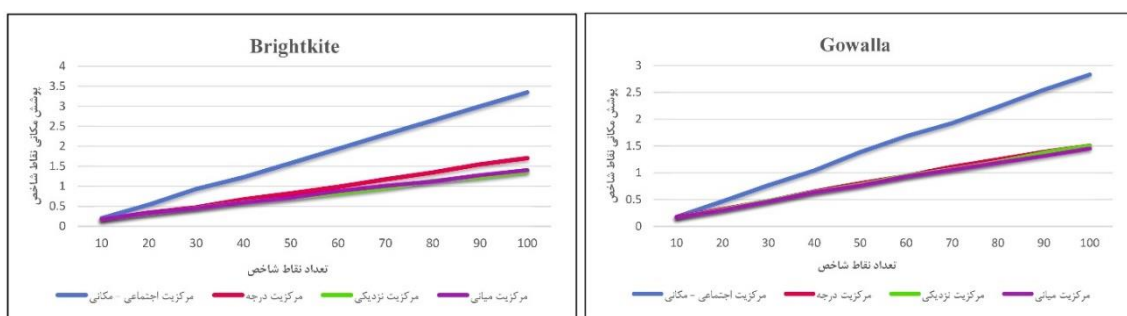
مجموعه‌داده	تعداد گره	تعداد یال	تعداد ثبت محل	میانگین درجه	نوع شبکه
Brightkite	۵۸,۲۲۸	۲۱۴,۰۷۸	۴,۴۹۱,۱۴۳	۷/۴	غیرجهت‌دار
Gowalla	۱۹۶,۵۹۱	۹۵۰,۳۲۷	۶,۴۴۲,۸۹۰	۹/۷	غیرجهت‌دار

در ابتدا مقدار مناسب برای پارامتر α برای هر دو شبکه واقعی برآورد می‌شود. مقدار مناسب برای α مقداری است که مجموعه گره‌های منتخب نهایی در مجموع دارای بیشترین پوشش مکانی در محدوده مورد نظر باشند. بدین منظور سه زیرمجموعه از هر شبکه با تعداد گره‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و

پس از تعیین مقادیر بهینه برای پارامتر α و به منظور اطمینان از صحت این مقادیر، با استفاده از داده‌های تست اقدام به اعتبارسنجی این مقادیر گردید. داده‌های تست نیز زیرمجموعه‌هایی از دو شبکه واقعی با تعداد ۵۰۰۰ گره هستند که به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند. اکنون با معلوم بودن مقدار α ، گره‌های دارای بیشترین مرکزیت اجتماعی - مکانی را شناسایی نموده و جهت اطمینان از

حال که با استفاده از داده‌های آموزشی و آزمایشی، مقدار α را در هر دو شبکه Brightkite و Gowalla شناسایی کردیم به منظور تعیین میزان تأثیرگذاری پارامتر مکان بر روی مرکزیت گره‌ها، به کمک مرکزیت اجتماعی - مکانی و نیز مرکزیت‌های مرسوم مانند مرکزیت درجه، مرکزیت نزدیکی و مرکزیت میانی اقدام به تعیین گره‌های شاخص در هر دو شبکه نموده و میزان توزیع مکانی آنها را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم. برای انجام این کار، با تغییر تعداد گره‌های مجموعه k از ۱۰ تا ۱۰۰ و گام‌های ۱۰ و استفاده از انواع مرکزیت‌ها اقدام به تعیین مجموعه

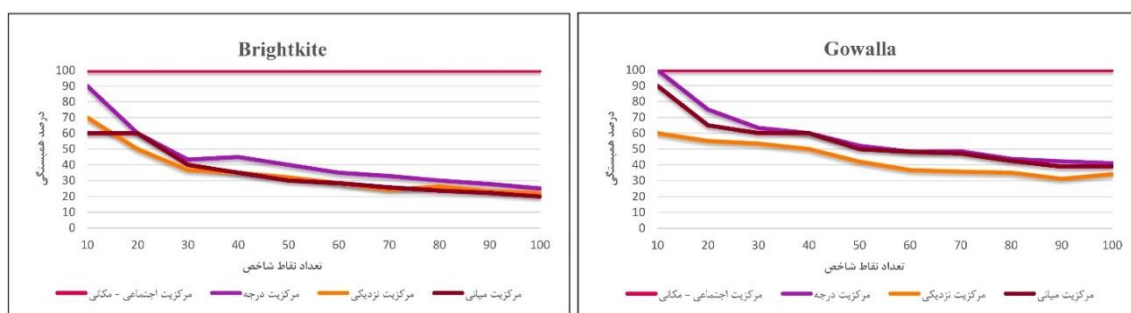
گره‌های شاخص نموده و برای هر مجموعه نیز میزان پوشش مکانی کل را اندازه‌گیری کردیم. نتایج بدست‌آمده در شکل شماره ۱۰ نمایش داده شده‌اند. همانطور که دیده می‌شود برای حالت‌های مختلف k همواره خروجی مرکزیت اجتماعی - مکانی در مقایسه با خروجی سایر مرکزیت‌ها وضعیت بهتری دارد. سه مرکزیت درجه، نزدیکی و میانی به لحاظ پوشش مکانی تقریباً دارای وضعیت یکسانی هستند ولی مرکزیت اجتماعی - مکانی تعریف‌شده در این مقاله با اختلاف زیادی مناطق بیشتری را پوشش می‌دهد.



شکل ۱۰- مقایسه توزیع مکانی گره‌های منتخب انواع مرکزیت‌ها برای دو شبکه Brightkite و Gowalla و مقادیر مختلف k

همچنین برای ارزیابی میزان همبستگی میان خروجی مرکزیت اجتماعی - مکانی و سایر مرکزیت‌ها، گره‌های واقع در مجموعه گره‌های شاخص حاصل از انواع مرکزیت‌ها با یکدیگر مقایسه گردیده‌اند که نتایج آن در شکل ۱۱ ارائه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود با افزایش مقدار k میزان همبستگی میان مرکزیت اجتماعی - مکانی و سایر مرکزیت‌ها رو به کاهش است. در واقع با

افزایش مقدار k ، تعداد گره‌های مشترک میان خروجی انواع مرکزیت‌ها با مرکزیت اجتماعی - مکانی کاهش یافته است که نشان‌دهنده انتخاب گره‌هایی توسط مرکزیت اجتماعی - مکانی است که در کنار داشتن مرکزیت اجتماعی، دارای همسایگانی با توزیع مکانی بهتر و بیشتر نیز هستند و این موجب عملکرد بهتر مرکزیت اجتماعی - مکانی در پوشش مکانی محدوده مورد نظر می‌باشد.



شکل ۱۱- ارزیابی میزان همبستگی خروجی انواع مرکزیت‌ها برای دو شبکه Brightkite و Gowalla و مقادیر مختلف k

با توجه به اینکه تعداد گره‌ها و یال‌ها، درجه گره‌ها و موقعیت مکانی گره‌ها در شبکه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است لذا میزان افتراق بین مرکزیت‌های مرسوم و مرکزیت اجتماعی - مکانی نیز برای شبکه‌های گوناگون متفاوت خواهد بود. به عنوان مثال همانطور که در شکل

۱۰ دیده می‌شود پراکندگی مکانی گره‌های همسایه در سه مرکزیت درجه، نزدیکی و مکانی در هر دو شبکه واقعی از یک روند یکسانی برخوردار هستند ولی میزان جدایی بین انواع مرکزیت‌ها و مرکزیت اجتماعی - مکانی در شبکه Brightkite در مقایسه با شبکه Gowalla بیشتر

بر مبنای نحوه توزیع مکانی گره‌های همسایه تعریف گردید. به منظور تعیین مقدار بهینه برای پارامتر α نیز از زیرمجموعه‌هایی از شبکه‌های واقعی با عنوان داده‌های آموزشی استفاده شد.

هدف از تعریف مرکزیت جدید که شامل بعد مکانی نیز هست، نشان دادن تأثیر پارامتر مکان بر میزان مرکزیت گره‌ها در شبکه‌های اجتماعی است. با مقایسه میزان پوشش مکانی گره‌های منتخب مرکزیت اجتماعی - مکانی با خروجی مرکزیت‌های مرسوم نشان داده شد که در صورت اعمال پارامتر مکان بر نحوه گزینش گره‌ها، می‌توان مناطق بیشتری را برای اهداف تبلیغاتی یا اطلاع‌رسانی پوشش داد. برای ارزیابی روش پیشنهادی از داده‌های مربوط به دو شبکه اجتماعی مکان‌مبنای واقعی به نام‌های Brightkite و Gowalla استفاده شد. برای هر چهار نوع مرکزیت، با انتخاب گره‌های با بالاترین امتیاز به تعداد ۱۰ تا ۱۰۰ عدد، پوشش مکانی این مجموعه‌ها با یکدیگر مقایسه شده و روند افزایشی میزان پوشش مکانی گره‌های منتخب توسط مرکزیت اجتماعی - مکانی در مقایسه با سایر مرکزیت‌ها نشان داده شد.

در این مقاله سعی گردید تا گره‌ها طوری انتخاب گردند که توزیع همسایگان آنها در محدوده مکانی مورد نظر یکنواخت باشد. در مواقع بروز حوادث و یا رخدادهایی که به یک نقطه جغرافیایی خاص مربوط می‌باشند، توزیع مکانی بهینه گره‌ها در اطراف آن نقطه خاص مورد نیاز خواهد بود. بنابراین در قالب کار آتی به دنبال گره‌هایی در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا خواهیم بود که توزیع مکانی همسایگان آنها به صورت مناسب در اطراف محل حادثه یا رخداد انجام شده باشد. همچنین بازتعریف سنجه‌های موجود برای اندازه‌گیری مرکزیت گره‌ها با اعمال شرط مکانی به طوری که سازگار با شبکه‌های مکانی باشند به عنوان یکی دیگر از کارهای پیش رو در حوزه شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا خواهد بود.

است. این همان چیزی است که در شکل ۱۱ در قالب افت درصد همبستگی با آن مواجه هستیم و با افزایش تعداد نقاط شاخص، وجه اشتراک میان گره‌های منتخب انواع مرکزیت‌ها و مرکزیت اجتماعی - مکانی کمتر می‌شود و این کاهش وجه اشتراک، در شبکه Brightkite از سرعت بیشتری برخوردار است.

۷- نتیجه‌گیری و کارهای آتی

در این مقاله موضوع تأثیر موقعیت مکانی همسایگان یک گره بر روی میزان مرکزیت آن گره در شبکه‌های اجتماعی مکان‌مبنا مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در برخی کاربردها نظیر اطلاع‌رسانی به افراد واقع در یک محدوده مکانی خاص و یا برای اهداف تجاری نیازمند دسترسی به افرادی هستیم که تعداد بیشتری از دوستان و دنبال‌کنندگان آنها در شبکه‌های اجتماعی که همسایگان درجه اول محسوب می‌شوند در محدوده مورد نظر واقع باشند. تعاریف موجود از مرکزیت گره‌ها در شبکه‌های اجتماعی صرفاً بر مبنای روابط اجتماعی میان گره‌ها و بدون لحاظ کردن بعد مکانی شکل گرفته‌اند. در این مقاله با تمرکز بر روی این موضوع و در نظر گرفتن موقعیت مکانی همسایگان مستقیم گره‌ها، یک تعریف جدید از مرکزیت، تحت عنوان مرکزیت اجتماعی - مکانی ارائه گردید. این تعریف جدید از مرکزیت دربرگیرنده هم مرکزیت اجتماعی و هم مرکزیت مکانی گره‌ها است که با یک رابطه خطی و توسط پارامتر α به یکدیگر مرتبط گردیده‌اند. منظور از مرکزیت اجتماعی همان میزان اهمیت یک گره است که معمولاً از طریق تعاریف مرسوم مرکزیت از قبیل مرکزیت درجه، مرکزیت نزدیکی و مرکزیت میانی تعیین می‌شوند. در این مقاله، مرکزیت درجه که یک کمیت ساده و مستقیم برای اندازه‌گیری میزان اهمیت گره‌ها می‌باشد به عنوان معیاری برای مرکزیت اجتماعی در نظر گرفته شد. مرکزیت مکانی نیز

مراجع

- [1] Zhu, H., Kong, Y., Wei, J., & Ma, J. (2018). Effect of users' opinion evolution on information diffusion in online social networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 492, 2034-2045.
- [2] Yi, Y., Zhang, Z., & Gan, C. (2018). The effect of social tie on information diffusion in complex networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 509, 783-794.
- [3] Beaman, L., & Dillon, A. (2018). Diffusion of agricultural information within social networks: Evidence on gender inequalities from Mali. *Journal of Development Economics*, 133, 147-161.

- [4] Cota, W., Ferreira, S. C., Pastor-Satorras, R., & Starnini, M. (2019). Quantifying echo chamber effects in information spreading over political communication networks. arXiv preprint arXiv:1901.03688.
- [5] Yerasani, S., Appam, D., Sarma, M., & Tiwari, M. K. (2019). Estimation and maximization of user influence in social networks. *International Journal of Information Management*, 47, 44-51.
- [6] Rezvanian, A., Moradabadi, B., Ghavipour, M., Khomami, M. M. D., & Meybodi, M. R. (2019). Social Influence Maximization. In *Learning Automata Approach for Social Networks* (pp. 315-329). Springer, Cham.
- [7] Kempe, D., Kleinberg, J., & Tardos, É. (2003, August). Maximizing the spread of influence through a social network. In *Proceedings of the ninth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining* (pp. 137-146). ACM.
- [8] Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications* (Vol. 8). Cambridge university press.
- [9] Domingos, P., & Richardson, M. (2001, August). Mining the network value of customers. In *Proceedings of the seventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining* (pp. 57-66). ACM.
- [10] D. Kempe, J. Kleinberg, E. Tardos. Maximizing the Spread of Influence through a Social Network. *Proc. 9th ACM SIGKDD Intl. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2003.
- [11] Nandi, G., Sharma, U., & Das, A. (2018). A Novel Hybrid Approach for Influence Maximization in Online Social Networks Based on Node Neighborhoods. In *Advances in Electronics, Communication and Computing* (pp. 509-520). Springer, Singapore.
- [12] Cui, L., Hu, H., Yu, S., Yan, Q., Ming, Z., Wen, Z., & Lu, N. (2018). DDSE: A novel evolutionary algorithm based on degree-descending search strategy for influence maximization in social networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 103, 119-130.
- [13] Bouros, P., Sacharidis, D., & Bikakis, N. (2014, November). Regionally influential users in location-aware social networks. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems* (pp. 501-504). ACM.
- [14] Bhosale, S., & Kulkarni, D. (2015). Influence maximization on mobile social network using location-based community greedy algorithm. *International Journal of Computer Applications*, 122(19).
- [15] Wang, X., Zhang, Y., Zhang, W., & Lin, X. (2016). Distance-aware influence maximization in geo-social network. In *ICDE* (pp. 1-12).
- [16] Lee, J., Zhang, Z. Y., Lee, J., Brooks, B. R., & Ahn, Y. Y. (2017). Inverse Resolution Limit of Partition Density and Detecting Overlapping Communities by Link-Surprise. *Scientific reports*, 7(1), 12399.
- [17] Zheng, Y., & Zhou, X. (Eds.). (2011). *Computing with spatial trajectories*. Springer Science & Business Media.
- [18] Zickuhr, K. (2012). Three-quarters of smartphone owners use location-based services. *Pew Internet & American Life Project*.
- [19] Gao, H., Tang, J., & Liu, H. (2012, May). Exploring social-historical ties on location-based social networks. In *Sixth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*.
- [20] Gao, H., & Liu, H. (2014). Data analysis on location-based social networks. In *Mobile social networking* (pp. 165-194). Springer, New York, NY.
- [21] Newman, M. (2010). *Networks: an introduction*. Oxford University Press.
- [22] Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social networks*, 1(3), 215-239.
- [23] Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications* (Vol. 8). Cambridge university press.
- [24] Sabidussi, G. (1966). The centrality index of a graph. *Psychometrika*, 31(4), 581-603.
- [25] Freeman, L. C. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 35-41.
- [26] Brandes, U. (2001). A faster algorithm for betweenness centrality*. *Journal of Mathematical Sociology*, 25(2), 163-177.
- [27] Cho, E., Myers, S. A., & Leskovec, J. (2011, August). Friendship and mobility: user movement in location-based social networks. In *Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining* (pp. 1082-1090). ACM.