مفاهیم مرکزیت و تراکم
در شبکه های علمی و اجتماعی

فرامرز سهیلی | فریده عصاره

چکیده

هدف: داده‌هایی که برای پژوهش‌های مختلف جمع‌آوری می‌شود با استفاده از روش‌ها و مدل‌های مختلفی تحلیل شوند. پژوهش‌های مرتبط با شبکه‌های اجتماعی نیز از این قاعده مستثنی نیستند. برای تحلیل داده‌های به‌دست آمده با هدف شناسایی شبکه‌های اجتماعی، از سنجه‌های مختلفی ازجمله سنجه‌های مرکزیت و تراکم شبکه استفاده می‌شود.

روش/رویکرد پژوهش: مرور منابع، به روش تحلیلی - سندی

یافته‌ها: دانشمندان علم اطلاعات به بررسی انتشارات، شبکه‌های استنادی و هم‌استنادی، ساختار همکاری علمی، شبکه‌های هم‌نویسندگی، بررسی جریان دانش و سایر شکل‌های تعاملات اجتماعی شبکه‌ها می‌پردازند و استفاده از سنجه تراکم و مرکزیت برای بررسی این شبکه‌ها ضروری است.

کلیدواژه‌ها

مرکزیت، تراکم، شبکه‌های علمی، شبکه‌های اجتماعی، تحلیل شبکه‌های اجتماعی، علم‌سنجی

مفاهیم مرکزیت و تراکم در شبکه‌های علمی و اجتماعی

فرامرز سهیلی[1] | فریده عصاره[2]

دریافت: ۱۳۹۱/۲/۲۶ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۱۹

مقدمه

مرکزیت یک فرد در شبکه اجتماعی نشان‌دهنده پرستیژ و اقتدار آن فرد در شبکه است. افرادی که در مرکز شبکه قرار دارند از لحاظ علمی تأثیرگذاری بیشتری دارند. در یک شبکه مردم اغلب به شناسایی برجسته‌ترین نقش‌آفرین (ان) علاقه‌مندند. به عبارت دیگر مرکزیت سنجه‌ای است که برتری نقش‌آفرینی فردی که در شبکه جاسازی شده است را کمّی‌سازی می‌کند. موقعیت یک نقش‌آفرین معمولاً برحسب مرکزیتش بیان می‌شود، یعنی سنجش چگونگی مرکزیت آن نقش‌آفرین در شبکه. نقش‌آفرینان مرکزی به‌خوبی با سایر نقش‌آفرینان در ارتباط هستند و سنجه مرکزیت سعی در اندازه‌گیری یک نقش‌آفرین (تعداد پیوندهای بیرونی و درونی)دارد، و فاصله نسبی با نقش‌آفرینان دیگر یا رتبه‌ای که کوتاه‌ترین مسیرهای بین هر جفت نقش‌آفرین را که از نقش‌آفرین مورد نظر عبور می‌کند، اندازه‌گیری می‌کند (لیو[3] و دیگران، ۲۰۰۵). ساده‌ترین مقیاس مرکزیت، شمار پیوندهایی است که عضو یک شبکه (فرد) با دیگر اعضای شبکه دارد. مرکزیت از جامعه‌شناسی نشأت می‌گیرد (فریمن[4]، ۱۹۷۹). تحلیل مرکزیت در تحلیل شبکه‌های هم‌نویسندگی موضوع نسبتاً جدیدی است. اخیراً مقالات متعددی سنجه مرکزیت را برای تحلیل شبکه‌های هم‌نویسندگی به‌کار گرفته‌اند (موتسک[5]، ۲۰۰۳، لیو و دیگران، ۲۰۰۵، یین[6] و دیگران، ۲۰۰۶، لیو و دیگران ۲۰۰۷)، کلیه این پژوهشگران ادعا کرده‌اند که سنجه مرکزیت برای ارزشیابی تأثیر مفید است. برای سنجه

۱. استادیار گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه پیام نور (نویسنده مسئول)
fsohieli@gmail.com
۲. استاد گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه شهید چمران
osareh.f@gmail.com

3. Liu
4. Freeman
5. Mutschke
6. Yin

مرکزیت افراد در شبکه‌های اجتماعی، سنجه‌های رتبه[۷]، نزدیکی[۸] و بینابینی[۹] مرکزیت فریمن پراستفاده‌ترین موارد بوده‌اند. رتبه یک گره برابر با تعداد گره‌هایی است که به آن متصل هستند (فریمن، ۱۹۷۹). از دیگر سنجه‌های کلاسیک برای سنجش مرکزیت، مرکزیت‌بردار ویژه است که بر اثر اتکاء دوطرفه یا استحکام مبتنی است (بوناسیچ[۱۰]، ۱۹۸۷). پژوهشگران زیادی اندازه‌گیری‌های مذکور را در شبکه‌های هم‌نویسندگی مورد استفاده قرار داده‌اند. نیومن (۲۰۰۱) به بررسی انواعی از مشخصات این شبکه‌ها شامل رتبه دانشمندان و سنجش اندازه بینابینی آنها پرداخته است. برخی پژوهشگران ازجمله یین و دیگران، ۲۰۰۶؛ هو[۱۱] و دیگران، ۲۰۰۸ به‌طور مستقیم سنجه‌های رتبه، نزدیکی و بینابینی در شبکه‌های هم‌نویسندگی حوزه‌های مختلف را به‌کار برده‌اند. پژوهشگران دیگری نیز از مرکزیت اردوس[۱۲] و سایر سنجه‌های مرکزیت برای تحلیل داده‌های خود و بررسی الگوهای ساختاری و شبکه‌های هم‌نویسندگی با استفاده از تحلیل شبکه‌های اجتماعی استفاده کرده‌اند. برخی از پژوهشگران به بررسی نمره مرکزیت و بهره‌وری نویسندگان پرداخته‌اند (سهیلی، عصاره و خادمی، ۲۰۱۳، بادار[۱۳] و دیگران، ۲۰۱۲) که در ادامه به‌طور مختصر به این شاخص‌ها اشاره می‌شود.

اولین کاربردهای ایده مرکزیت افراد، از طریق تحلیل شبکه‌های اجتماعی انجام شد؛ و ریشه این ایده را می‌توان در مفهوم نخبه‌های جامعه‌سنجانه[۱۴] پیدا کرد، یعنی یافتن مشهورترین فرد یا افردی که در مرکز توجه قرار دارند (اسکات، ۲۰۰۷). بنابراین نقش‌آفرین مرکزی، نقش‌آفرینی است که در مرکزِ تعداد زیادی از ارتباط‌ها قرار می‌گیرد، یعنی نقش‌آفرینی با پیوندهای مستقیم زیادی با سایر نقش‌آفرینان. میزان مرکزیت با استفاده از رتبه گره‌های مختلف در شبکه اندازه‌گیری می‌شود، یعنی تعداد گره‌های دیگری که یک گره با آنها مجاور است. این نوع سنجش مرکزیت، به‌عنوان مرکزیت محلی شناخته شده است. چون در این نوع مرکزیت ارتباط‌های غیرمستقیم به یک گره خاص نادیده گرفته شده است، بنابراین اندیشه مرکزیت، به مرکزیت جهانی گسترش یافت (فریمن، ۱۹۷۹) تا ارتباط‌های دوردست را هم دربر بگیرد. این امر به‌وسیله نزدیکی یک گره به سایر گره‌ها که برحسب فاصله بین گره‌های مختلف بیان شده اندازه‌گیری می‌شود. مرکزیت به موقعیت یک گره درون یک شبکه خاص اشاره دارد. بنابراین هر دو سنجه مرکزیت محلی و مرکزیت جهانی در طی تحلیل باید درنظرگرفته شود (هاتالا، ۲۰۰۶). مرکزیت محلی با تعداد گره‌های مستقیم با کل گره‌ها در شبکه سروکار دارد. عددِ مرکزیت محلی بالا، نشان‌دهنده موقعیت مرکزی‌تر گره است. این گره‌ها می‌توانند به تسهیل جریان اطلاعات از یک گروه به گروه دیگر، درون یک بافت سازمانی کمک کنند؛ بدون این گره‌ها، گسست‌های ساختاری به‌وجود می‌آیند. درنتیجه جریان اطلاعات به‌طور آزاد از یک گروه به گروه دیگر مشکل خواهد بود، مگر اینکه

7. Degree
8. Dloseness
9. Betweenness
10. Bonacich
11. Hou
12. Erd˝os
13. Badar
14. Sociometric star

اطلاعات از طریق فردی که به گروه متصل است، گذر کند. به دلایل آشکار، افرادی که این فاصله را پر می‌کنند در موقعیت قدرت قرار دارند و می‌توانند جریان اطلاعات در شبکه را کنترل کنند (برت[15]، ۱۹۹۲، ۱۹۹۷).

به‌طورکلی سنجه مرکزیت یکی از مهم‌ترین و پراستفاده‌ترین سنجه‌ها در تحلیل شبکه‌های اجتماعی است. مرکزیت، ویژگی توصیفی برای نقش‌آفرینان یا گروهی از نقش‌آفرینان با مشخصه‌های ساختاری متعدد و پارامتری تعیین‌کننده برای درک و تحلیل نقش‌های نقش‌آفرینان در شبکه‌های اجتماعی است (نیومن، ۲۰۰۵). معمولاً از سنجه مرکزیت برای شناسایی نقش‌آفرینان قدرتمند و بانفوذ یا مهم استفاده می‌شود. به‌خاطر ادراک متفاوتی که از قدرت اجتماعی و کاربردهای متنوع تحلیل شبکه‌های اجتماعی وجود دارد، مرکزیت تعریف‌های گوناگونی دارد (کاررینگتون و دیگران، ۲۰۰۵). گسترده‌ترین تعریف پذیرفته شده از مرکزیت در اواخر ۱۹۷۰ توسط فریمن ارائه شد. در تعریف فریمن، سنجه مرکزیت عمدتاً براساس سه جنبه رتبه، نزدیکی، و بینابینی سنجیده می‌شد. مرکزیت یکی از قدیمی‌ترین مفاهیم در تحلیل شبکه است و اکثر شبکه‌های اجتماعی شامل افراد یا سازمان‌هایی هستند که مرکزی هستند. آنها به‌خاطر جایگاهشان دسترسی بهتری به اطلاعات و فرصت بهتری برای گسترش اطلاعات دارند. این موضوع به‌عنوان رویکرد فردمحور به مرکزیت، شناخته می‌شود. شبکه از چشم‌انداز جمع‌محور نیز متمرکز است. به‌طور کلی مرکزیت مفهومی است که برای تحلیل شبکه‌ها به‌کار رفته و دارای انواع متفاوتی است که براساس تعریف مسئله و هدف پژوهش یک یا چند مرکزیت مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما به‌طورکلی از مرکزیت برای شناسایی و تعیین مهم‌ترین نقش‌آفرینان در شبکه استفاده می‌شود. درخصوص اینکه مرکزیت واقعاً چیست و یا در مورد بنیادهای مفهومی آن اتفاق‌نظری وجود ندارد، تاکنون تنها توافق اندکی درخصوص روش مناسب اندازه‌گیری آن حاصل شده است. به‌طور کلی مرکزیت بیشتر یک فرد، سبب دارا بودن رتبه بالاتر، داشتن ارتباطات بیشتر و کسب موقعیت مطلوب‌تر است، که نهایتاً فرد را قدرتمندتر می‌کند. سنجه مرکزیت شبکه‌های مختلف براساس شاخص‌های متعددی سنجیده می‌شود، که مهم‌ترین آنها عبارتند از: رتبه، نزدیکی، بینابینی، بردار ویژه، مرکزیت اطلاعات، الگوریتم رتبه صفحه و غیره. در این بخش هر یک از این شاخص‌ها تعریف و به‌طور مختصر معرفی می‌شوند.

مرکزیت رتبه

تحلیل مرکزیت رتبه شامل دو نمره، رتبه بیرونی (تعداد ارتباط‌های ارسال شده به بیرون یعنی به‌عنوان نویسنده اصلی) و رتبه درونی (تعداد ارتباط‌های دریافت شده یعنی به‌عنوان

15. Burt

هم‌نویسنده) است. افراد با نمرات بالای رتبه بیرونی می‌توانند به‌عنوان افرادی که در شبکه نفوذ و تأثیر بالایی دارند درنظر گرفته شوند؛ درحالی که آنان که نمرات رتبه درونی بالایی دارند به‌عنوان اشخاص بااعتبار یا مشهور درنظر گرفته شوند.

سنجه مرکزیت رتبه یکی از سنجـه‌ها یا شاخص‌های شبکه‌ای است که در تحلیل ساختار کل شبکه‌ها و موقعیت‌های افراد در شبکه مفید است. سنجه مرکزیت رتبه به تعداد پیوندهای داده شده یا خارج شده از یک گره در یک شبکه اشاره دارد (فریمن، ۱۹۷۹)، این سنجه به موقعیت افراد در یک شبکه مربوط است. شخصی در شبکه اطلاعات (یعنی با نمره رتبه مرکزیت بالا) مرکزی به‌حساب می‌آید که می‌تواند مهارت‌ها، تجربه‌ها و حافظه سازمانی برای دیگران ایجاد کند (پاریسی[16]، ۲۰۰۷). ضروری است این افراد را که می‌توانند به‌عنوان گلوگاهی برای جریان اطلاعات عمل کنند و نیز قادرند به‌طور بالقوه با درخواست‌های اطلاعاتی بیش از حد بار شوند، شناسایی کرد (کروس و پروساک[17]، ۲۰۰۲). سنجه مرکزیت همچنین به مدیران فرصت می‌دهد تا افراد پیرامون شبکه را نیز شناسایی کنند (یعنی افراد با نمره پایین را). شناخت افراد پیرامونی نیاز است، چون ممکن است دربردارنده دانش باارزشی باشند که چنانکه دارای موقعیت بهتری در شبکه بودند، می‌توانستند آن را با دیگران به اشتراک بگذارند (پاریسی و دیگران، ۲۰۰۶).

سنجه مرکزیت رتبه عبارت است از تعداد روابط مستقیمی که یک موجودیت در شبکه دارد. موجودیتی با مرکزیت رتبه بالا، دارای ویژگی‌های زیر است:

- به‌طورکلی یک بازیگر فعال در شبکه است؛
- اغلب یک متصل‌کننده یا قطب در شبکه است؛
- ضرورتاً مرتبط‌ترین موجودیت در شبکه نیست (یک موجودیت ممکن است روابط زیادی داشته باشد که اکثریت آنها دارای موجودیت‌های سطح پایین باشند)؛
- ممکن است در موقعیت ممتازی در شبکه قرار داشته باشد؛
- ممکن است مسیرهای جایگزینی برای برآوردن نیازهای سازمان داشته باشد، درنتیجه به دیگر افراد خیلی کم وابسته است؛ و
- اغلب می‌تواند به‌عنوان شخص سوم یا واسطه شناخته شود (Sentinelvisualize, 2010).

سنجه مرکزیت رتبه، به‌طور ساده با شمارش تعداد ارتباط‌هایی که توسط هر نقش‌آفرین در شبکه نگهداری می شود، اندازه‌گیری می‌شود. در یک گراف، این کار با شمارش تعداد گره‌ها یا خطوط وارد یا خارج شده از یک گره خاص تحقق می‌یابد. نقش‌آفرینی با بیشترین خطوط، بالاترین رتبه، بنابراین مرکزی‌ترین گره است (چنگ، ۲۰۰۶، ص ۷۵). سنجه مرکزیت رتبه معمولاً انعکاس‌دهنده شهرت و فعالیت رابطه‌ای یک نقش‌آفرین است و به‌طورکلی

16. Parise
17. Cross & Prusak

مرکزیت رتبه محاسبه میزان پیوندهایی است که فرد با دیگر افراد در شبکه دارد.

به‌طور کلی نقش‌آفرینان که نمره مرکزیت بالاتری دارند، فرصت‌ها و جایگزین‌های بیشتری نسبت به سایر نقش‌آفرینان دارند. این نقش‌آفرینان، گره‌های بیشتر و فرصت‌های بیشتری را هم دارند، چون انتخاب‌های بیشتری دارند. این استقلال آنها را مستقل و به نقش‌آفرین خاص وابسته نمی‌کند. این افراد همچنین موقعیت‌های ممتازی دارند، چون گره‌های زیاد و راه‌های جایگزینی برای ارضای نیازهای خود دارند، از این رو کمتر به افراد دیگر وابسته هستند. آنها به بیشتر منابع شبکه به‌طور کل دسترسی دارند و قادرند بیشتر منابع درون شبکه را فرا بخوانند (سهیلی، ۱۳۹۱). بوناسیچ اصلاحیه‌ای را برای رویکرد مرکزیت رتبه که قبلاً به‌طور گسترده‌ای پذیرفته شده بود، پیشنهاد داد. رویکرد اولیه مرکزیت رتبه بحث می‌کند که نقش‌آفرینانی که ارتباط‌های بیشتر دارند به احتمال زیاد قوی‌تر هستند، زیرا آنها می‌توانند مستقیماً بر سایر نقش‌آفرینان تأثیر بگذارند. اما داشتن رتبه‌های یکسان، ضرورتاً بدین معنا نیست که نقش‌آفرینان به اندازه مساوی از اهمیت برخوردار هستند (هانمان و ریدل، ۲۰۰۵). بر این اساس مرکزیت بتا[18] یا شاخص قدرت بوناسیچ[19] نیز در برخی پژوهش‌ها محاسبه و مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

مرکزیت نزدیکی

باتوجه به اینکه قدرت را می‌توان به‌وسیله مذاکرات و مبادلات مستقیم نشان داد، اما قدرت همچنین از طریق عمل کردن، به عنوان یک «نقطه مرجع» که سایر نقش‌آفرینان به‌وسیله آن خودشان را مورد قضاوت قرار می‌دهند، رخ می‌دهد. همچنین قدرت به‌وسیله مرکز توجه شدن توسط افرادی که دیدگاه‌هایشان به‌وسیله تعداد زیادی از نقش‌آفرینان شنیده می‌شود، به‌وجود می‌آید. نقش‌آفرینانی که قادرند در کوتاه‌ترین طول مسیر به دیگر نقش‌آفرینان برسند، یا کسی که توسط دیگر نقش‌آفرینان در کوتاه‌ترین طول مسیر در دسترس است، موقعیت‌های مطلوبی دارند. این مزیت ساختاری می‌تواند به قدرت ترجمه شود (هانمان و ریدل، ۲۰۰۵، ص ٦٢). مرکزیت نزدیکی، فاصله یک فرد با کلیه افراد دیگر در شبکه را می‌سنجد، هر چه یک فرد به دیگران نزدیک‌تر باشد، آن فرد برگزیده‌تر و مشهورتر است. افرادِ با نمرات نزدیکی بالا، احتمالاً اطلاعات را خیلی سریع‌تر از دیگران دریافت می‌کنند، به خاطر اینکه میانجی‌های کمتری بین آنها وجود دارد.

در سنجش مرکزیت نزدیکی، ارزیابی از طریق قضاوت کردن درباره نزدیکی یک نقش‌آفرین به نقش‌آفرینان دیگر صورت می‌گیرد. این نوع مرکزیت از طریق طول مسیرها یا گام‌هایی که برای یک نقش‌آفرین مورد نیاز است تا به دیگر نقش‌آفرینان در شبکه برسد، اندازه‌گیری می‌شود. نقش‌آفرینانی که قادرند به دیگر نقش‌آفرینان با طول مسیر کوتاه‌تری

18. Beta
19. The Bonacich power index

برسند یا آنهایی که با طول مسیرهای کوتاه‌تر توسط دیگر نقش‌آفرینان دسترس‌پذیرترند، در موقعیت ممتازی قرار دارند و به‌طورکلی قدرت و نفوذ بیشتری در درون شبکه دارند (چنگ، ۲۰۰۶، ص ۷۶).

اینکه یک موجودیت در شبکه چقدر سریع می‌تواند به موجودیت‌های بیشتری در آن شبکه دسترسی پیدا کند، سنجه‌ای است که مرکزیت نزدیکی را سنجش می‌کند. موجودیتی با مرکزیت نزدیکی بیشتر به‌طورکلی دارای ویژگی‌های زیر است:

- دسترسی سریعی به سایر موجودیت‌ها در شبکه دارد؛
- مسیر کوتاهی به سایر موجودیت‌ها دارد؛
- به سایر موجودیت‌ها نزدیک است؛ و
- رؤیت‌پذیری بالایی درباره آنچه در شبکه در حال اتفاق افتادن است، دارد (Sentinelvisualize, 2010).

نکته قابل توجه این است که اگر شبکه دارای موجودیتی باشد که هیچ پیوندی دریافت نکرده است (یعنی به هیچ موجودیت دیگر پیوند نداده باشد)، مقدار نزدیکی برای کل موجودیت در شبکه صفر خواهد بود. این امر به دلیل فرمول‌ها و الگوریتم‌های ایجاد شده در تحلیل شبکه‌های اجتماعی است.

سنجه مرکزیت نزدیکی، براساس فاصله ژئودیسک[20] محاسبه می‌شود. این سنجه مقدار فاصله یک گره از سایر گره‌ها را اندازه‌گیری می‌کند و نشان‌دهنده دسترس‌پذیری، سلامت و امنیت نقش‌آفرینان است (فرانک[21]، ۲۰۰۲). خیلی از پژوهشگران اجتماعی اظهار می‌کنند که برای شبکه‌های بزرگ سنجه مرکزیت نزدیکی جذاب نیست، زیرا در یک شبکه اجتماعی بزرگ، معمولاً یک نقش‌آفرین تنها به مجموعه کوچکی از نقش‌آفرینان نزدیک است. معمولاً سنجه مرکزیت بینابینی، برای بیشتر نقش‌آفرینان در شبکه‌های اجتماعی بزرگ، خیلی کوچک است. دلیل این مشکل این است که حاصل جمع تمام فاصله‌های ژئودیسک اطلاعات زیادی را از بین می‌برد، زیرا توزیع فاصله ژئودیسک از گره منبع به تمامی گره‌ها، اطلاعات غیرجزئی را دربردارد. برای مثال وقتی که گسترش فاصله‌ها تحلیل می‌شوند، لازم است که از این فاصله‌ها به‌منظور برآورد میزان گسترش یک ایده یا فکر و غیره در یک شبکه استفاده شود. بنابراین در تحلیل شبکه‌های اجتماعی بزرگ، مرکزیت نزدیکی برای یک گره توسط دو نوع پارامتر ارائه می‌شود. یک سنجه نزدیکی براساس فاصله ژئودیسک است که در بالا تعریف شد (پن، ۲۰۰۷). در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت: مرکزیت نزدیکی عبارت از تنوع مجموعه کوتاه‌ترین مسیرها بین هر فرد و دیگر افراد در شبکه است. به‌عبارت دیگر، مرکزیت نزدیکی، نقطه‌ای است که به‌طور متوسط به کلیه نقطه‌ها نزدیک باشد. هرچه نقطه‌ای

20. Geodesic
21. Frank

به مرکز نزدیک‌تر باشد، از استحکام بیشتری برخوردار است. رویکرد مرکزیت نزدیکی بر فاصله یک نقش‌آفرین به دیگر نقش‌آفرینان در شبکه با تمرکز بر فاصله ژئودیسک از هر نقش‌آفرین به دیگر نقش‌آفرینان تأکید دارد.

مرکزیت بینابینی

سنجه مرکزیت بینابینی، شاخصی است که مسیر دقیق‌تری برای اندازه‌گیری مرکزیت یک نقش‌آفرین را عرضه می‌کند. این شاخص، مرکزیت را با بررسی وسعتی که در آن یک نقش‌آفرین خاص بین دیگر نقش‌آفرینان متنوع در شبکه، قرار می‌گیرد را اندازه گیری می‌کند (چنگ، ۲۰۰۶ ، ص ۷۷). سنجه مرکزیت بینابینی، موقعیت یک موجودیت را درون یک شبکه برحسب توانایی‌اش برای ایجاد ارتباط با سایر زوج‌ها یا گروه‌ها در شبکه، شناسایی می‌کند. موجودیتی با بالاترین مرکزیت بینابینی به‌طورکلی دارای ویژگی‌های زیر است:

- موقعیت مطلوب و مستحکمی در شبکه به‌دست آورده است؛
- نقطه مجزایی از گسیختی را به نمایش می گذارد؛ و
- تأثیر خیلی زیادی بر آنچه که در شبکه اتفاق می‌افتد، دارد(Sentinelvisualize, 2010).

روش دیگر سنجش مرکزیت، مشخص کردن بینابینی گره‌هاست. این روش اشاره به گره مخصوصی دارد که در بین دیگر گره‌ها در شبکه واقع شده است. یک گره با رتبه نسبتاً پایینِ بینابینی ممکن است نقش میانجی مهمی را ایفا کند و برای شبکه خیلی مرکزی باشد (اسکَات، ۲۰۰۰). به‌عنوان مثال بخشی درون یک سازمان که بینابینی بالایی دارد، نسبت به اختلال جریان اطلاعات آسیب‌پذیر است. درصورتی که فردی قصد ترک سازمان را داشته باشد، نسبت به اختلال جریان اطلاعات آسیب‌پذیر است. بنابراین، مهم است تا این نقش‌آفرینان را به‌منظور اداره کردن مداخله‌های مناسب شناسایی کنیم. یک مداخله امکان‌پذیر می‌تواند ایجاد جلسات ماهیانه را که به تمامی اعضای هر دو بخش اجازه می‌دهد تا اطلاعاتشان را به اشتراک بگذارند، دربر بگیرد. این فرآیند رسمی تضمین خواهد کرد که اطلاعات بین اعضا، به اشتراک گذاشته شده و بین بخش‌ها در حال جریان پیدا کردن است (هاتالا، ۲۰۰۶). به‌طورکلی مرکزیت بینابینی، نقطه‌ای است که بینابین بسیاری از جفتِ نقاط دیگر باشد؛ درواقع نقاطی واسطه‌ای هستند که راه‌های ارتباطی نقاط دیگر از آنها می‌گذرد. این نقاط دارای قدرت ایزوله کردن یا افزایش ارتباطات هستند. به‌طور خلاصه در رابطه با مرکزیت بینابینی می‌توان گفت: مرکزیت بینابینی یعنی تعداد افرادی در شبکه که یک شخص به‌طور غیرمستقیم از طریق خطوط مستقیم به آنها متصل شده است. سنجه مرکزیت بینابینی، توانایی نقش‌آفرینان برای تأثیرگذاری یا کنترل تعامل‌های بین نقش‌آفرینان را نشان می دهد.

بینابینی به‌عنوان سنجش، تأثیری است که افراد بر روی جریان اطلاعات بین دیگران دارند. افرادی که به‌عنوان واسطه برای جریان اطلاعات عمل می‌کنند نمرات بینابینی بالایی خواهند داشت. مرکزیت بینابینی بالا به نقش‌آفرین این قابلیت را می‌دهد تا تماس‌های میان دیگر نقش‌آفرینان را وساطت کند. به‌منظور محاسبه دقیق‌تر مرکزیت بینابینی، پژوهشگران پیشنهاد سنجش بینابینی جریان[۲۲] را ارائه کرده‌اند. رویکرد جریان در مرکزیت، مفهوم مرکزیت بینابینی را توسعه می‌دهد. این رویکرد فرض می‌کند که نقش‌آفرینان به نسبت طول مسیرها، از تمام مسیرهایی که آنها را متصل می‌کند، استفاده می‌کنند. بینابینی به‌وسیله نسبتی از کل جریان بین دو نقش‌آفرین که یک نقش‌آفرین خاص بخشی از آن مسیر است، اندازه‌گیری می‌شود. پس برای هر نقش‌آفرین، سنجه، چگونگی قرار گرفتن آن نقش‌آفرین در کل جریان‌های بین تمام دیگر زوج‌های نقش‌آفرینان را اضافه می‌کند (سهیلی، ۱۳۹۱). از آنجایی که انتظار می‌رود مقدار این عدد شاخص با اندازه صرف[۲۳] شبکه و با تراکم شبکه افزایش یابد، بنابراین استانداردسازی این مقدار با محاسبه جریان بینابینی بین هر نقش‌آفرین، به نسبت کل جریان بینابینی که نقش‌آفرین در آن قرار ندارد، مفید خواهد بود (هانمان و ریدل، ۲۰۰۵).

مرکزیت بردارِ ویژه

مرکزیت بردار ویژه[۲۴] یکی دیگر از سنجه‌های مرکزیت است و براساس این ایده پیشنهاد شده که مرکزیت یک گره خاص نمی‌تواند مجزا از مرکزیت دیگر گره‌هایی که با آن متصل شده است تخمین زده شود. نمرات مرکزیت، به گره‌ها براساس این اصل که ارتباط به گره‌های با نمره بالا در نمرات یک گره خاص نسبت به ارتباط (اتصال) به گره‌های با نمره پایین مشارکت بیشتری دارد، اختصاص داده می‌شود (بوناسیچ، ۱۹۷۲). مرکزیت بردار ویژه؛ نقطه دارای بیشترین مرکزیت بردار ویژه است که دارای همسایگان مرکزی بسیاری باشد، درواقع مرکزیت بردار ویژه سبب قدرت بیشتر می‌شود (براندز و الرباچ[۲۵]، ۲۰۰۵). توصیه می‌شود که در زمینه ماتریس‌های ارزش‌دار از مرکزیت‌های عادی (نرمال شده) که از تقسیم مرکزیت محاسبه شده به بیشینه مرکزیت ممکن به‌دست می‌آید، بهره‌گیری شود. در این وضعیت امکان مقایسه کامل‌تر مرکزیت‌ها و نیز آگاهی از نسبت هر اندازه به بیشینه ممکن، میسر می‌شود (بورگتی[۲۶] و دیگران، ۲۰۰۲). بوناسیچ در سال ۱۹۷۲ روشی برای استخراج مرکزیت یک نقش‌آفرین با استفاده از بردار ویژگی (آیگن)[۲۷]، ماتریسی از روابط دوستی یا گزینه‌های دوستی میان مجموعه‌ای از نقش‌آفرینان معرفی کرد. ماتریس روابط دوستی که با این روش سروکار دارد ماتریسی نظام‌مند است. روش بوناسیچ مبتنی بر بردارِ ویژگی مطابق با بالاترین ارزش ویژگی (آیگن) است. هر عنصر از بردارِ ویژگی، مرکزیت هر نقش‌آفرین

22. Flow betweenes
23 . Sheer
24. Eigenvector centrality
25. Brandes & Erlebach
26. Borgatti
27 . Characteristic (eigen) vector

را نمایش می‌دهد. این روش یک مشخصه خوب دارد که مرکزیت هر نقش‌آفرین به‌طور بازگشتی با استفاده از مجموع مرکزیت‌های وزن‌دهی‌شده تمام نقش‌آفرینان تعریف می‌شود، جایی که وزن، قدرت روابط دوستی بین نقش‌آفرین و دیگر نقش‌آفرینان نیست. این روش گسترش داده شد تا با هر ماتریس نظام‌مندی از روابط دوستی سروکار داشته باشد (اوکادا، ۲۰۰۸).

مرکزیت بردارِ ویژه، مقدار نزدیکی یک موجودیت به موجودیت‌های بسیار نزدیک دیگر در شبکه را اندازه‌گیری می‌کند. به عبارت دیگر بردار ویژه، مرکزی‌ترین موجودیت‌ها را بر اساس ساختار جهانی و یا کلی شبکه مشخص می‌کند، موجودیتی با بالاترین مرکزیت بردار ویژه. مرکزیت به طور کلی دارای ویژگی‌های زیر است:

• نقش‌آفرینی را مشخص می‌کند که به الگوی اصلی فواصل بین تمام موجودیت‌ها مرکزی‌تر است؛ و

• سنجه‌ای منطقی از یک جنبه از مرکزیت برحسب مرکزیت موقعیتی است.

دو سنجه مرکزیت نزدیکی که در بالا معرفی شد، بر پایه مجموع کوتاه‌ترین فاصله میان یک گره با سایر گره‌ها سنجیده می‌شود. در شبکه‌های بزرگ و پیچیده این احتمال وجود دارد که مخاطب، بعضی از اطلاعات را به دلیل حجم زیاد اطلاعات از دست بدهد و یا اینکه قدرت تشخیص گره‌های با مرکزیت بالا را نداشته باشد. به‌عنوان مثال اگر دو گره «الف» و «ب» در درون یک شبکه بزرگ باشند، در درون شبکه، شرایط گره «الف» به گونه‌ای است که نزدیکی بیشتری با سایر گره‌ها دارد؛ اما مجموعه‌ای که گره «الف» در آن قرار گرفته، از نظر مرکزیت رتبه بسیار ضعیف و تعداد گره‌ها موجود در شبکه نیز کم است. گره «ب» دارای فاصله‌ای متوسط از سایر گره‌ها، ولی در یک مجموعه بزرگ‌تر و تعداد گره‌هایی با مرکزیت درجه بالا قرار دارد. سنجش دوری و نزدیکی گره‌های «الف» و «ب» می‌تواند تقریباً شبیه باشد. ولی در عمل، گره «ب» مرکزیت بیشتری نسبت به گره «الف» دارد، چرا که امکان در دسترس قرار گرفتن بیشتر گره «ب» در شبکه به‌واسطه ارتباط با گره‌های با مرکزیت رتبه بالا و به عبارتی قدرتمندتر، وجود دارد. به‌منظور یافتن گره‌های با مرکزیت بالا، سنجه مرکزیت بردارِ ویژه تلاش می‌کند گره‌هایی را مشخص کند که به‌واسطه ارتباط با گره‌های قدرتمند در شبکه، دارای قدرت می‌شوند. این گره‌ها هرچند در ظاهر ارتباطات کمی دارند، ولی به‌واسطه ارتباطی که با گره‌های قدرتمند و دارای رتبه بالا برقرار می‌کنند، به‌عنوان گره‌های قدرتمند محسوب می‌شوند.

مرکزیت اطلاعات

علاوه بر سنجه‌های کلاسک مرکزیت، نوعی سنجه مرکزیت که از نظریه اطلاعات کلود شانون مشتق می‌شود نیز پیشنهاد شده است. براساس این نوع سنجه، مرکزیت یک فرد به

توزیع احتمالاتِ جریانی که از افراد شروع و در هر کدام از گره‌ها در شبکه متوقف می‌شود، مربوط است(توتزائور[28]، ۲۰۰۷). مرکزیت اطلاعات به‌وسیله استفن سون و زلن[29] (۱۹۸۹) به‌عنوان سنجش مرکزیت گره‌ها در شبکه‌های اجتماعی مطرح شد که برگرفته از نظریه انتقال آماری اطلاعات شانون و ویور است. مرکزیت بینابینی براساس کوتاه‌ترین فاصله میان دو گره محاسبه می‌شود، درحالی‌که سنجه مرکزیت اطلاعات به بررسی و مطالعه این امر می‌پردازد که ممکن است اطلاعات و دانش از طریق مسیرهای متفاوتی انتقال یابد. این نوع سنجه براساس شدت و قدرت گره‌ها و فاصله میان آنها محاسبه می‌شود. به عبارتی این سنجه میزان انتقال اطلاعاتی را که می‌تواند بین دو نقطه در شبکه انتقال یابد، مورد بررسی قرار می‌دهد.

مرکزیت رتبه نویسنده

مرکزیت رتبه نویسنده[30]، این سنجه در حوزه کتابخانه‌های دیجیتالی توسط لیو و دیگران پیشنهاد شده است. براساس ایده الگوریتم اچ‌آی‌تی‌اس، شخص می‌تواند بین اولین نویسنده (رهبر) و دیگر نویسندگان (پیروان) تفاوت قائل شود و سپس اهمیت نویسندگان را به‌عنوان دو نقش، به ترتیب تحلیل کند (یوشیکانه[31] و دیگران، ۲۰۰۶).

تراکم *

اگر در مقایسه دو جامعه متوجه شویم که نقش‌آفرینان زیادی در یکی از آنها وجود دارد که به دیگر نقش‌آفرینان اتصال پیدا نکرده‌اند (ایزوله هستند)، در حالی که در جامعه دیگر و در جمعیت دیگر اکثر نقش‌آفرینان حداقل در یک دوتایی جای دارند، نتیجه می‌گیریم که زندگی اجتماعی در این دو جامعه خیلی متفاوت است. به عبارت دیگر در جامعه اولی تعاملات بین نقش‌آفرینان بسیار کم و در جامعه دوم تعاملات فراوانی بین نقش‌آفرینان وجود دارد؛ در چنین شرایطی گفته می‌شود که در جامعه اولی تراکم کم، و در جامعه دومی تراکم زیاد است.

تراکم به‌عنوان تعداد آرک‌ها (روابط مستقیم بین نقش‌آفرینان) در یک شبکه تعریف شده و دربردارنده بالاترین سهم در میان روابط ممکن در شبکه است (نووی، مروار و باتاگلج[32]، ۲۰۰۵). تراکم عبارت است از نسبت تعداد آرک‌ها که با حرف «L» مشخص شده‌اند، بر تعداد آرک‌های ممکن. چون یک آرک، یک زوج منظم از رئوس است، کل آرک‌های ممکن $n\,(n_1)$ خواهد بود، که **n** تعداد کل رئوس در شبکه است. تراکم یک شبکه کسری است که در محدوده‌ای از حداقل صفر تا حداکثر یک، وقتی که تمام آرک‌ها در شبکه حضور دارند قرار دارد (راچرلا و هو ۲۰۱۰، ص ۱۲). هر گاه تراکم شبکه با علامت Δ نشان داده شود، مقدار آن از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$\Delta = L / n(n_1)$$

28. Tutzauer
29. Stephenson & Zelen
30. AuthorRank centrality
31. Yoshikane

*Density، برای این واژه معادل‌های فارسی مختلفی از جمله چگالی، فشردگی و غیره پیشنهاد و استفاده شده است، ولی در این پژوهش با توجه به اینکه این موضوع مرتبط با جامعه و جامعه شناسیِ علم است واژه تراکم انتخاب و در کل متن از آن استفاده شده است.

32. Nooy, Mrvar & Batagelj

اندازه‌گیری تراکم یک شبکه، شاخصی آماده از رتبه ارتباط‌های دوتایی در یک جامعه را ارائه می‌دهد. برای داده‌های دودویی، تراکم عبارت است از نسبتِ تعداد مجاورانی که موجودند، تقسیم بر تعداد زوج‌ها. اگر گره‌های بین نقش‌آفرینان با ارزش‌هایشان سنجیده شوند (قدرت، نزدیکی، احتمالات و غیره)، تراکم معمولاً به‌عنوان مجموع ارزش‌های تمامی گره‌ها تقسیم بر تعداد گره‌های ممکن درنظرگرفته می‌شود؛ یعنی با داده‌های ارزش‌گذاری شده، تراکم معمولاً به عنوان میانگین قدرت گره‌ها در سراسر کل گره‌های ممکن تعریف می‌شود. جایی که داده‌ها متقارن یا غیرمستقیم هستند، تراکم در ارتباط با تعداد زوج‌های منحصربه‌فرد (n*n-1)/2)) محاسبه می‌شود؛ جایی که داده‌ها مستقیم هستند، تراکم در سراسر تعداد کل زوج‌ها محاسبه می‌شود (هانمان و ریدل، ۲۰۰۵).

علاوه بر روابط بین خود[۳۳] و آلترها، مهم است که حضور و ماهیت روابط میان آلترها هم درنظرگرفته شود. یکی از روش‌هایی که از طریق آن این عمل صورت می‌گیرد، مفهوم تراکم شبکه است که به‌عنوان نسبت کل زوج‌های ممکن بین آلترهایی که در آنها دو فرد همدیگر را می‌شناسند، تعریف می‌شود. شبکه‌های با تراکم بالا، زمینه‌های اجتماعی به‌شدت به‌هم پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهند که در آن آلترها می‌توانند اطلاعات را به اشتراک بگذارند و یا مقایسه، و وظایف مراقبتی را هماهنگ کنند و در منابع با همدیگر شریک شوند. بنابراین تراکم بالای شبکه با فعالسازی مکرر و موثق‌تر حمایت‌های غیررسمی همبسته است (کورنول[۳۴] و دیگران، ۲۰۰۹).

تراکم و انسجام دو روش سنجش شبکه هستند که بیشتر به‌جای توصیف گره‌های انفرادی، کل شبکه را توصیف می‌کنند. تراکم در شبکه اطلاعاتی، به‌عنوان نسبت گره‌های اطلاعاتی موجود در یک شبکه، به تعداد ماکزیمم گره‌های ممکن تعریف می‌شود؛ این درصورتی است که هر کسی در گروه، اطلاعاتش را با سایر افراد گروه به اشتراک بگذارد (واسرمان و فائوست[۳۵]، ۱۹۹٤). تراکم شبکه محدوده‌ای بین صفر درصد و ۱۰۰ درصد است. ارزش متعارف تراکم در شبکه‌های مورد مطالعه قرار گرفته توسط تیم‌های پژوهشی، محدوده‌ای از ۵ تا ۳۰ درصد برای اشتراک اطلاعات مکرر یا اشتراک اطلاعات خیلی مکرر است که این عدد بر اساس اندازه و هدف شبکه متغیر است. اگرچه هیچ سنجش واحدی از مطلوبیت وجود ندارد، اما سنجش تراکم نشان داده است که حداقل ۱۵ تا ۲۰ درصد با اشتراک کارآمد اطلاعات در شبکه‌های تقریباً ۱۰۰ نفری در پژوهش‌های متعددی مرتبط بوده است. سنجه تراکم، فاصله یا تعداد پیوندها به گره‌های غنی در شبکه را اندازه‌گیری می‌کند (برت، ۱۹۷٦، دوریان، ۱۹۷٤).

در تعریف دیگری آمده است که تراکم عبارت از سنجش سطح ارتباط گره‌ها در درون یک شبکه است؛ و تراکم را شامل تعداد پیوندهای واقعی به‌عنوان یک بخش، تقسیم بر تعداد

33 . ego
34. Cornwell
35. Wasserman & Faust

پیوندهایی که ممکن است وجود داشته باشند، می‌دانند. برای محاسبه تراکم یک شبکه، از معادله زیر نیز استفاده می‌شود (هاتالا، ۲۰۰۶):

$$\frac{L}{n(n-1)/2}$$

که در آن **l** تعداد خطوط (پیوندهای) موجود، و **n** تعداد گره‌های درون شبکه را نشان می‌دهد. ارزش سنجه تراکم بین عدد صفر تا یک در نوسان است. عدد یک نشان‌دهنده تراکم کامل درون شبکه است. به‌عنوان مثال اگر شبکه‌ای اندازه تراکمی برابر با ۰/۵۵ داشته باشد، به این معناست که تعداد واقعی گره‌هایی که درون شبکه موجود است ۵۵ درصد تعداد گره‌های بالقوه ممکن است. در اکثر موارد این بدین معناست که هر چه تراکم بالاتر باشد، انسجام درون گروه بیشتر است. برعکس سطوح تراکم پایین ممکن است ارتباط ضعیف بین اعضای گروه را نشان دهد و می‌تواند بر جریان اطلاعاتی مورد نیاز برای اجرا در سطحی قابل قبول تأثیر بگذارد. نکته مهم این است که تمیزدادن تراکم مناسب درون شبکه تنها در درون سازمانی معیّن می‌تواند محقق شود. تعیین سطح تراکم مناسب درون یک شبکه، نیازمند ارزیابی کارکرد اعضای گروه و نیازمندی‌های آنهاست، که این دو به‌شدت به هم مرتبط هستند. به عبارتی دیگر تراکم شبکه عبارت است از نسبت تعداد پیوندها، بر تعداد رئوس در یک گراف کامل با تعداد گره‌های یکسان (اوته و روسو[56]، ۲۰۰۲). در تعریف دیگر آمده است که تراکم یک شبکه توسط تعداد گره‌ها و لبه‌هایی که به سایر گره‌ها متصل شده‌اند تعیین می‌شود. وقتی که حداکثر تعداد لبه‌ها در گرافی که تمام گره‌ها را به هم متصل می‌کند نمایش داده می‌شود، گراف کامل و تراکم آن یک است. نسبت لبه‌های واقعی در گراف به حداکثر لبه‌های ممکن در آن گراف، نسبتی است که در سنجش تراکم انعکاس می‌یابد و از صفر تا یک متغیر است. اگر هیچ لبه‌ای نمایش داده نشود در آن صورت میزان تراکم صفر، و اگر گراف کاملاً به هم متصل باشد میزان تراکم یک است (کلمنت[57]، ۲۰۰۸). به‌طورکلی تراکم شاخصی است برای سنجش سطح کلی ارتباط در یک شبکه. تراکم یک شبکه به‌عنوان تعداد پیوندها، تقسیم بر تعداد رأس‌ها در یک گراف کامل با تعداد یکسانی را سنجه تراکم می‌نامند و همان‌طور که ذکر شد با ارزشی نسبی بین صفر تا یک مشخص می‌شود.

نتیجه‌گیری

در طول تاریخ افراد، کشورها، سازمان‌ها و شرکت‌های برجسته، معروف و قدرتمند همواره مورد توجه و دارای نقش‌های کلیدی و تأثیرگذار بوده‌اند. این افراد، شرکت‌ها و غیره با استفاده از ارتباط‌هایی که میان آنها با سایر همنوعان شان وجود دارد شبکه‌هایی را به‌وجود می‌آورند. این شبکه‌های اجتماعی ایجاد شده مورد تحلیل قرار می‌گیرند و اطلاعات ارزشمندی از آن

56. Otte & Rousseau
57. Clements

برای برنامه‌ریزی، مدیریت و پیش‌بینی اهداف بلندمدت و کوتاه‌مدت به‌دست می‌آید. این افراد و مؤسساتِ برجسته براساس مرکزیت‌شان مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، یعنی میزان قدرت و تأثیرگذاری آنها در میان شبکه اجتماعی که عضوی از آن هستند. هر چه شخص یا مؤسسه‌ای مرکزی‌تر باشد یعنی پرستیژ و اقتدار بیشتری دارد و افراد یا سازمان‌هایی‌هم که به آنها نزدیک هستند، معمولاً نقش میانجی و واسطه در تبادل و جریان اطلاعات دارند و همچنین ممکن است نقش بینابینی ایفا کنند. وقتی که یک شبکه اجتماعی نظام‌مند میان مجموعه‌ای از نقش‌آفرینان وجود دارد، مرکزیت هر نقش‌آفرین در شکل‌دهی شبکه اجتماعی، برای یافتن مشخصه‌ها و ساختار شبکه اجتماعی اهمیت زیادی پیدا می‌کند، زیرا مرکزیت یک نقش‌آفرین، نشان‌دهنده اهمیت، شأن، قدرت و شهرت نقش‌آفرین برای شکل‌دهی روابطش با دیگر نقش‌آفرینان در شبکه اجتماعی است. مرکزیت براساس شاخص‌های متعددی مورد بررسی قرار می‌گیرد، ولی عامل مهم در به‌کارگیری نوع مرکزیت، بستگی به پرسش و هدف پژوهشی که انجام می‌گیرد، دارد. تراکم نیز همواره به‌عنوان شاخص اصلی در سنجش روابط در شبکه‌های اجتماعی مطرح است. در شبکه‌های متراکم تبادل اطلاعات خیلی سریع انجام می‌شود، ولی اگر شبکه‌ای بسته باشد و ارتباط‌های زیادی بین تعداد معدودی از افراد برقرار باشد، در مقایسه با شبکه‌ای که تراکم کمتری دارد ولی ارتباط بین گره‌ها و افراد متعدد برقرار باشد، امکان خلق و تولید دانش جدید و ایده‌های نو بیشتر است و این امر اشاره به قانون قدرت پیوندهای ضعیف گرانوتر دارد که همواره پیوندهای ضعیف هستند که باعث تولید و ایجاد قدرت در شبکه و سازمان می‌شوند.

منابع

سهیلی، فرامرز (۱۳۹۱). «تحلیل ساختار شبکه‌های اجتماعی هم‌نویسندگی بروندادهای علمی پژوهشگران علم اطلاعات به‌منظور شناسایی و سنجش روابط، تعاملات و راهبردهای هم‌نویسندگی در این حوزه». پایان‌نامه دکتری، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

Badar, K.; Hite , J. M. ;Badir, Y. F.(2012). "Examining the relationship of co-authorship network centrality and gender on academic research performance: The case of chemistry researchers in Pakistan". ***Scientometrics***, 94(2): 755-775.

Bonacich, P. (1972). "Factoring and weighting approaches to status scores and clique detection". ***Journal of Mathematical Sociology***, 2: 113-120

_____ (1987). "Power and centrality: A family of measures". ***The American Journal of***

Sociology, 92: 1170–1182.

Borgatti, S. P.; Everett, M. G.; Freeman, L. C. (2002). ***Ucinet for windows: Software for social network analysis***. Harvard: Analytic Technologies. from: ww.casos.cs.cmu.edu/publications/papers/DisasterResponse.doc

Brandes, U.; Erlebach, T. (2005). ***Network analysis methodological foundations***. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg.

Burt, R. (1976). "Positions in networks". ***Social Forces***, 55(1): 93-122.

_____(1992). ***Structural holes***. Cambridge, MA: Harvard University Press.

_____(1997). "The contingent value of social capital". ***Administrative Science Quarterly***, 42: 339- 365.

Carrington, P. J.; Scott, J.; Wasserman, S. (2005). ***Models and methods in social network analysis***. Boston: Cambridge University Press.

Cheng, B. (2006). "Using social network analyses to investigate potential bias in editorial peer review in core journals of Comparative/International Education". PhD Dissertation, Brigham Young University.

Clements, M. M. (2008). "Patenting at university in the united state: A network analysis of the complexity of domestic and international university patenting activities". PhD Dissertation, School of Education, Indiana University

Cornwell, B.; et al. (2009). "Social networks in the NSHAP study: rationale, measurement, and preliminary findings". ***Journal of Gerontology: Social Sciences***, 64B (S1): i47–i55

Cross, R.; Prusak, L. (2002). "The people who make organizations go-or stop". ***Harvard Business Review***, 80(6): 104-112.

Doreian, P. (1974). "On the connectivity of social networks". ***Journal of Mathematical Sociology***, 3: 245-258.

Frank, O. (2002). "Using centrality modeling in network surveys". ***Social Networks***, 24: 385.

Freeman, L (1979). "Centrality in social networks: Conceptual clarification". ***Social Networks***, 1: 215-39.

Hanneman, R. A.; Riddle, R. (2005). "Introduction to social network methods". from: http://faculty.ucr.edu/~hanneman/. Retrieved on: 11 November 2010.

Hatala, J. (2006). "Social network analysis in human resource development: A new meth-

odology". ***Human Resource Development Review***, 5(1):45-71.

Hou, Haiyan; Kretschmer, Hildrun; Liu, Zeyuan (2008). "The structure of scientific collaboration networks in Scientometrics". ***Scientometrics***, 75 (2): 189–202.

Liu, L.G.; et al. (2007)."Weighted network properties of Chinese nature science basic research". ***Physica A-Statistical Mechanics and Its Applications***, 377(1):302–314.

Liu, X.; et al. (2005). "Co-authorship networks in the digital library research community". ***Information Processing and Management***, 41:1462–1480.

Mutschke, P. (2003). "Mining networks and central entities in digital libraries. A graph theoretic approach applied to co-author networks". ***Advances in Intelligent Data Analysis***, 2810: 155–166.

Newman, M. E. J. (2001). "The structure of scientific collaboration networks". ***Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)***, 98(2):404–409.

_____ (2005). "A measurement of betweenness centrality based on random walks". ***Social Networks***, 27: 39.

Nooy, W.; Mrvar, A.; Batagelj, V. (2005). ***Exploratory social network analysis with pajek***. Boston: Cambridge University Press.

Okada, Akinori (2008)."Two-dimensional centrality of a social network". ***Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization*** , 381: 219-277.

Otte, E.; Rousseau, R. (2002). "Social network analysis: A powerful strategy, also for the information sciences". ***Journal of Information Science***, 28 (6): 443–455.

Pan, Long (2007)."Effective and efficient methodologies for social network analysis". PhD Dissertation, faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.

Parise, S. (2007). "Knowledge management and human resource development: An application in social network analysis methods". ***Advances in Developing Human Resources***, 9: 359-383.

Parise, S.; Cross, R.; Davenport, T. H. (2006). "Strategies for preventing a knowledge loss crisis". ***MIT Sloan Management Review***, 47(4): 31-38.

Racherla, P.; Hu, C. (2010). "A social network perspective of tourism research collaborations". ***Annals of Tourism Research***, 37(4):1012-1034.

Scott, J. (2000). ***Social network analysis: A handbook***. (2nd Ed.). London: Sage

_____(2007). ***Social network analysis***. London: Sage .

Sentinelvisualize (2010). "Social Network Analysis (SNA)".Retrieved Nov.22, 2012, from: http://www.fmsasg.com

Stephenson, K.; Zelen, M. (1989). "Rethinking centrality: Methods and examples". ***Social Network***, 11:1–37.

Soheili, F.; Osareh, F.; Khademi, R. (2013). "The association between centrality measure and productivity in journals of Information science: A social network analyses". ***Iranian Journal of Information science and Technology***, (in press).

Tutzauer, F. (2007). "Entropy as a measure of centrality in networks characterized by path-transfer flow". ***Social Networks***, 29: 249–265.

Wasserman, S.; Faust, K. (1994). ***Social network analysis: Methods and applications***. Boston: Cambridge University Press

Yin, L.; Kretshmer, H.; Hanneman, R.; Liu, Z. (2006). "Connection and stratification in research collaboration: An analysis of the COLLNET network". ***Information Processing and Management***, 42:1599–1613.

Yoshikane, F.; Nozawa, T.; Tsuji, K. (2006). "Comparative analysis of co-authorship networks considering authors' roles in collaboration: Differences between the theoretical and application areas". ***Scientometrics***, 68(3): 643–655.

استناد به این مقاله:

سهیلی، فرامرز؛ عصاره، فریده (۱۳۹۲). «مفاهیم مرکزیت و تراکم در شبکه‌های علمی و اجتماعی». ***فصلنامه مطالعات ملی کتابداری و سازماندهی اطلاعات***، ۲٤(۳):۹۲–۱۰۸.