

سنجش توانایی مشارکت نویسندگان مجله علم سنجی^۱

براساس شاخص فی (ϕ)

فریده عصاره^۱، زیور صباغی نژاد^۲

چکیده

مقدمه: شاخص توانایی مشارکت (ϕ) به روشی مشابه شاخص هرش محاسبه می شود. زمانی گفته می شوند یک نویسنده دارای شاخص فی است که فرد موردنظر، فی هم نویسنده و حداقل فی بار رخداد هم نویسندگی داشته باشند در حالیکه سایر مقالات همان نویسنده، کمتر از فی بار رخداد هم نویسندگی دارند. این شاخص به بررسی وضعیت کیفی هم نویسندگی می پردازد و بیانگر این نکته است که نویسندگان به چه میزان توان (قدرت) مشارکت دارند.

روش: این پژوهش از نوع علم سنجی است و با رویکرد تحلیل شبکه اجتماعی انجام شده است. جامعه مورد نظر نویسندگان مجله سایتمتریکس از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ بوده اند (شامل کلیه شماره های مجله در پایگاه وب آو ساینس). پس از ترسیم نگاشت هم نویسندگی (شامل ۱۰۱ گره)، سنجه مرکزیت محاسبه گردید و بر اساس سنجه مرکزیت نزدیکی، نویسندگان با مجاورت بالا (۵۶ نفر)، جهت محاسبه شاخص فی انتخاب گردیدند.

یافته ها: یافته های حاصل از محاسبه سنجه های مرکزیت حاکی از آنست که گلنزل و موند، در هر سه سنجه مرکزیت در جایگاه اول و دوم قرار دارند. بر اساس شاخص فی گلنزل کماکان در رتبه نخست و شوبرت در جایگاه دوم قرار گرفته است. شاخص فی، به بررسی کیفیت مشارکت در نویسندگی می پردازد.

نتیجه گیری: بررسی جزئیات محاسبه فی نشان داد، هرچه تعداد هم نویسندگان در یک مقاله از پراکندگی کمتری برخوردار باشد، نویسندگان اثر از شاخص فی بالاتری برخوردارند.

واژگان کلیدی: شاخص توانایی مشارکت، شاخص فی، هم نویسندگی، تحلیل شبکه

اجتماعی، علم سنجی

۱ استاد گروه علم اطلاعات و دانش شناسی و مدیر قطب علمی مدیریت دانش دانشگاه شهید چمران اهواز،
Osareh.f@gmail.com

۲ مربی گروه کتابداری و اطلاع رسانی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، ایران، اهواز و دانشجوی
دکترای علم اطلاعات و دانش شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز. z-sabaghinejad@scu.ac.ir ,
Sabaghinejad-z@ajums.ac.ir

مقدمه

تاکنون شاخص‌های مختلفی در زمینه علم سنجی مطرح و محاسبه شده‌اند. در زمینه مشارکت نویسندگان، همواره سؤالاتی مطرح بوده است که توانایی مشارکت هر نویسنده تحت تأثیر چه عواملی قرار دارد؟ آیا در صورتیکه فرد تولیدات مشترک زیادی داشته باشد، لزوماً توانایی مشارکت بالایی نیز خواهد داشت؟ در صورتیکه فرد دارای مقالات مشترک باشد، تفاوتی بین حالتی که هم نویسندگان وی متفاوت هستند یا مشابه هستند، وجود دارد؟ آیا نوشتن مقاله مشترک با افراد مشابه نشانه توانایی بیشتر مشارکت نویسندگان است یا برعکس آن، نوشتن مقالات مشترک با هم نویسندگان متفاوت؟ آیا شاخصی وجود دارد که بتواند توانایی مشارکت نویسندگان را که یک عامل کیفی محسوب می‌شود، محاسبه کند و به صورت کمی بیان نماید؟ مساله اصلی پژوهش حاضر پرداختن به این سؤالات است.

برای پاسخگویی به این سؤالات باید از ابزاری استفاده کرد، که این ابزار شاخصی جدید بنام شاخص فی است. این شاخص بیانگر این است که نویسنده تا چه حد از توانایی واقعی خود جهت هم‌نویسندگی و انتشار آثار مشترک استفاده کرده است. در واقع بهترین حالت برای محاسبه این شاخص این است که بتوان پس از محاسبه این شاخص که توانایی مشارکت نویسندگان مشخص می‌شود، مشارکت واقعی افراد را نیز محاسبه کرد و اختلاف بین این دو اندازه‌گیری شود تا مشخص شود هر نویسنده تا چه حد از توان خود در هم‌نویسندگی استفاده کرده است و یا اختلاف بین این دو حالت چقدر است.

از سنجه‌های مختلف مانند مرکزیت، سنجه نزدیکی، سنجه درجه و سنجه بردار ویژه در تجزیه و تحلیل شبکه‌های هم‌نویسندگی به منظور تعیین مجموعه روابط بین نویسندگان و قوت رابطه بین آنان استفاده می‌شود. از این رو این سنجه‌ها به ابعاد کیفی شبکه‌های هم‌نویسندگی توجه می‌کنند. عمدتاً سنجه‌ها نهایتاً به نویسندگان قدرتمند یا هسته در یک زمینه می‌پردازند. زمانی که شاخص هرش^۲، نخستین بار در سال ۲۰۰۵ توسط هرش معرفی شد، هدف اصلی آن توجه به کیفیت برونداد علمی یک نویسنده بود. ۶ سال بعد، یعنی در سال ۲۰۱۱، ژائو و دیگران^۳ ساختار جدیدی بر مبنای شاخص هرش ارائه کردند که منجر به مجموعه جدیدی از

شاخص‌ها شد که بر اساس آن گره‌های یک شبکه هم نویسندگی تعیین می‌شدند (ژائو و دیگران، ۲۰۰۵).

ایده اولیه شاخص فی نیز بر اساس همین ساختار شکل گرفت. شاخص توانایی مشارکت که به طور اختصار شاخص فی نامیده می‌شود، نخستین بار در سال ۲۰۱۲ توسط شوپرت^۴ مطرح شد. این شاخص بر اساس تعداد مقالات مشترک یک نویسنده و تعداد رخداد هم نویسندگی وی می‌باشد. زمانی گفته می‌شوند یک نویسنده دارای شاخص فی است که فرد موردنظر، فی هم نویسنده و حداقل فی بار رخداد هم نویسندگی داشته باشند در حالی که سایر مقالات همان نویسنده، کمتر از فی بار رخداد هم نویسندگی دارند. بنابراین چنانچه شاخص فی یک نویسنده ۳ باشد، بدین معنی است که این نویسنده حداقل ۳ مقاله مشترک دارد که با مشارکت ۳ نویسنده همکار بوده است و در سایر مقالات وی کمتر از ۳ نویسنده همکار دیده می‌شوند.

محاسبه شاخص فی در یکی از سه حالت زیر رخ خواهد داد (کاباناک^۳، ۲۰۱۳):

۱. چنانچه نویسنده‌ای مقاله‌ای مشترک نداشته باشد، فی برابر صفر خواهد بود ($\phi = 0$).
- از آنجاییکه هم نویسنده‌ای وجود ندارد محاسبه این شاخص معنی دار نخواهد بود.
۲. در تمامی حالات زیر، فی برابر یک خواهد بود ($\phi = 1$)
 - ۲-۱: اگر یک نویسنده در تعدادی مقاله با دو نویسنده مشابه مشترک باشد. یعنی تمامی این مقالات دارای دو نویسنده باشند و این نویسندگان همگی ثابت باشند.
 - ۲-۲: یک نویسنده تعدادی مقاله با نویسندگان مشترک داشته باشد ولی نویسندگان مشترک هرکدام تنها یک بار تکرار شده باشند. یعنی در تمامی این مقالات هم نویسنده مشترک دیده نشود.
 - ۲-۳: اگر نویسنده به تعداد دلخواه مقاله با دو نویسنده مشترک داشته باشد که در برخی از مقالات هم نویسندگان مشابه هستند ولی در برخی از آنها هم نویسندگان مشابه نیستند و نسبت این دو گروه تقریباً مشابه باشد.
 ۳. در سایر حالات فی بیش از یک خواهد بود ($\phi > 1$).

³ cabanac

همانگونه که قبلاً اشاره شد، شاخص فی بر اساس شاخص هرش محاسبه می شود و از این رو فرمول محاسبه آن نیز بر همین مبنا است.

$$h = c \cdot n^{1/3} \cdot x^{2/3}$$

n: تعداد انتشارات،

x: میانگین تعداد استنادات تعلق گرفته به هر مقاله،

c: ثابت بر مبنای ۱.

بر همین اساس فرمول شاخص فی بدین صورت بیان شده است (شوبرت، ۲۰۱۲a):

$$\varphi = c \cdot a^{1/3} \cdot z^{2/3}$$

a: تعداد هم نویسندگان فردی که قرار است فی برای او محاسبه شود،

z: بیانگر میانگین تعداد رخداد هم نویسندگی همان نویسنده است،

c: ثابت بر مبنای ۱ خواهد بود.

مروری بر پژوهش‌های پیشین

از آنجای‌یکه این شاخص به تازگی معرفی شده است، تاکنون پژوهش‌های کمی در این زمینه صورت گرفته است. از این رو پرداختن به این نکته می‌تواند حائز اهمیت باشد. بررسی‌های پژوهشگران حاکی از آنست که سه پژوهش عمده در این راستا انجام شده است که پژوهش نخست از نظر زمانی، به معرفی شاخص فی و نحوه استخراج فرمول آن می‌پردازد، در پژوهش دوم که توسط همان پژوهشگر انجام شده است، این شاخص در جامعه ای متفاوت و غیر نویسنده مورد آزمایش قرار می‌گیرد و در پژوهش سوم، این شاخص برای یک میلیون متخصص رایانه محاسبه می‌شود. علاوه براین لازم به ذکر است که بنا به بررسی‌های انجام شده توسط نگارندگان، تاکنون چنین پژوهشی در ایران انجام نگرفته است و پژوهش حاضر، نخستین اثر فارسی زبان است که در این راستا انجام می‌گیرد.

نخستین پژوهش مربوط به شوبرت در سال ۲۰۱۲ (الف) بوده است که طی آن شاخص فی معرفی گردید و سپس فرمول نهایی آن ارائه شد. در ادامه این پژوهش، به عنوان نمونه شاخص فی برای دارندگان مدال Hevesy محاسبه شده است. این افراد که ۳۴ نفر بوده اند، پس از محاسبه فی در طیف عددی صفر تا ۲۳ قرار گرفته اند که بهترین شاخص مربوط به دارلین هافمن^۵ بوده است (شوبرت، ۲۰۱۲a).

پژوهش دیگر نیز مربوط به شوبرت در سال ۲۰۱۲ (ب) بوده است که طی آن شاخص فی برای نوازندگان جاز محاسبه شد. شوبرت در این پژوهش، شاخص فی را برای نوازندگان جاز بدین صورت تعریف می‌کند:

۱. چنانچه نوازنده ای تنها اجرای تک نوازی داشته باشد یا به عبارتی اجرای مشترک نداشته باشد، فی برابر صفر خواهد بود ($\phi = 0$).

۲. در تمامی حالات زیر، فی برابر یک خواهد بود ($\phi = 1$)

۲-۱: اگر یک نوازنده تعدادی اجرا با دو نوازنده مشترک و مشابه داشته باشد. یعنی تمامی این اجراها دارای دو نوازنده باشند و این نوازندگان ثابت باشند.

۲-۲: یک نوازنده تعدادی اجرا با نوازندگان مشترک داشته باشد ولی نام نوازندگان مشترک تنها یک بار تکرار شده است. یعنی در تمامی این اجراها هم نوازنده مشترک دیده نمی‌شود.

۳-۲: اگر نوازنده به تعداد دلخواه اجرا با دو نوازنده مشترک داشته باشد که در برخی از اجراها هم نوازندگان مشابه هستند ولی در برخی از آنها هم نوازندگان مشابه نیستند و نسبت این دو گروه تقریباً مشابه باشد.

۳. در سایر حالات فی بیش از یک خواهد بود ($\phi > 1$).

در این پژوهش شاخص فی برای ۵۸ نفر از نوازندگان جاز محاسبه شد. سه نوازنده برتر این پژوهش از نظر شاخص فی، جو هندرسون^۶ با شاخص ۲۳، کنی بارون^۷ با شاخص ۲۱ و اسلاید همپتون^۸ و پگی لی^۹ با شاخص ۱۹ بودند. نهایتاً پژوهش فوق به این نتیجه رسید که شاخص فی با سایر موارد مربوط به کیفیت نوازندگی ارتباط مستقیم دارد (شوبرت، ۲۰۱۲b). پژوهش بعدی مربوط به کاباناک^{۱۰} در سال ۲۰۱۳ است. در این پژوهش شاخص فی برای انیشتن^{۱۱} محاسبه شد. وی در پژوهش خود ابتدا جدولی از انتشارات انیشتن ایجاد نمود و شاخص فی را همانند شاخص هرش، به صورت دستی محاسبه کرد. یعنی تعداد انتشارات مشترک را به ترتیب منظم کرد و در ردیف زیرین تعداد هم نویسندگان را قرار داد و نقطه تلاقی یکسان دو عدد یکسان را به عنوان شاخص فی استخراج کرد. دقیقاً به روشی که برای هرش محاسبه می‌شود و در آن تعداد انتشارات در یک ردیف و تعداد استنادات در ردیف زیرین قرار می‌گیرد و نقطه تلاقی دو عدد یکسان به عنوان شاخص هرش محاسبه می‌شود. در

این فرآیند، شاخص فی برای انیشتن عدد ۳ بود. سپس با استفاده از فرمول شاخص فی که در پژوهش شوبرت معرفی شده بود، شاخص فی را برای انیشتن محاسبه کرد و به عدد ۴/۵۱ رسید. وی اشاره می‌کند که توان واقعی انیشتن در هم نویسندگی ۴/۵۱ است، در حالیکه وی به اندازه عدد ۳، هم نویسندگی انجام داده است. بنابراین انیشتن کمتر از توان خود، هم نویسندگی انجام داده است و توانایی مشارکت بیشتری در نویسندگی داراست. در ادامه این پژوهش، شاخص فی برای یک میلیون نفر از متخصصان رشته رایانه محاسبه کرد. (کاباناک، ۲۰۱۳)

همانگونه که مشاهده می‌شود، در تمامی پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه، تلاش بر این بوده است که نشان دهد، این شاخص بیشتر به جنبه کیفی هم نویسندگی توجه می‌کند و ممکن است نویسنده ای با تعداد هم نویسندگی بالا، لزوماً از تمام توان خود استفاده نکرده باشد و در نتیجه شاخص فی پایینی کسب کند. و به همین دلیل است که معرفی کننده این شاخص (شوبرت) محاسبه این شاخص را در جامعه ای کاملاً متفاوت، یعنی نوازندگان، محاسبه می‌کند و به این نتیجه می‌رسد که نوازندگانی که شاخص فی بالاتری کسب کرده اند، کیفیت نوازندگی بالاتری نیز داشته اند و بنابراین شاید بتوان از این شاخص در مواردی غیر از هم نویسندگی نیز استفاده کرد.

پرسش‌های پژوهش

۱. در شبکه هم نویسندگی مجله علم سنجی تا سال ۲۰۱۳ چه نویسندگانی حضور دارند؟
۲. نویسندگان برتر مجله علم سنجی بر اساس سنجه مرکزیت، چه کسانی بوده اند؟
۳. شاخص فی نویسندگان مجله علم سنجی که در بزرگترین خوشه شبکه هم نویسندگی، مشارکت دارند، به چه صورت بوده است؟
۴. آیا نویسندگان برتر مجله علم سنجی بر اساس سنجه مرکزیت، نویسندگان برتر این مجله بر اساس شاخص فی نیز هستند؟
۵. آیا انتشار مقالات مشترک با هم نویسندگان یکسان، شاخص فی بالاتری خواهند داشت یا با هم نویسندگان متفاوت؟

روش شناسی پژوهش

مجله علم سنجی یکی از مجلاتی است که از نظر محتوایی، بخش از انتشارات حوزه علم سنجی را در بر می‌گیرد. علاوه بر این با شرط پذیرفتن این پیش فرض که نویسندگانی که در این مجله حضور دارند ارتباط موضوعی با یکدیگر دارند یا حداقل زمینه کاری آنها مشابه است، پیش بینی این بود که بتوان به شبکه پیوسته ای از نویسندگان دست یافت تا بتوان با استفاده از شاخص فی، توان مشارکت آنها را محاسبه کرد. به منظور دستیابی به اطلاعاتی کامل از نویسندگان این مجله، کلیه شماره‌های این مجله در پایگاه تامسون روتیز در این پژوهش وارد شده اند. لازم به ذکر است با توجه به محدودیت دسترسی به پایگاه و بر اساس کد کاربری نگارندگان برای ورود به این پایگاه، امکان دسترسی به داده های این مجله از سال ۲۰۰۱ مقدور بود. از آنجاییکه در هنگام انجام پژوهش آخرین شماره سال ۲۰۱۳ نیز منتشر شده بود، محدودیت زمانی در این پژوهش اعمال نشد. بنابراین داده های مربوط به کلیه شماره های این مجله از ابتدای سال ۲۰۰۱ تا انتهای سال ۲۰۱۳ استخراج شدند. بنابراین شاخص فی محاسبه شده برای نویسندگان، تا سال ۲۰۱۳ را در بر می‌گیرد.

جهت دریافت داده های مربوط به مجله علم سنجی، ابتدا در پایگاه تامسون روتیز کلید واژه scientometrics وارد شد و به فیلد publication name محدود شد. در هنگام خروجی گرفتن از پایگاه وب آو ساینس قالب full record انتخاب شد. داده ها بصورت بسته های ۵۰۰ عددی استخراج شدند و سپس در یک فایل بصورت درهمکرد آماده تحلیل شدند. سپس این داده ها با نام data.txt در یک پوشه جداگانه ذخیره شدند.

بر اساس هدف این پژوهش، که محاسبه شاخص فی برای نویسندگان مجله علم سنجی بود، ابتدا باید هم نویسندگی این افراد محاسبه می‌شد و سپس در مورد اینکه شاخص فی برای چه کسانی محاسبه شود تصمیم گیری شود. بنابراین داد های نهایی وارد نرم افزار coauthor.exe شدند و ماتریس نهایی با در نظر گرفتن آستانه ۰/۱ تهیه شد. این ماتریس با استفاده از نرم افزار یو سی آی نت آماده سازی شد و برای تهیه نقشه هم نویسندگی و تحلیل بیشتر در اختیار برنامه نت دراو قرار گرفت. پس از تهیه نقشه هم نویسندگی با استفاده از سنجه های تحلیلی^{۱۲} موجود در برنامه یو سی آی نت سنجه های مرکزیت^{۱۳} برای نویسندگان محاسبه گردید. با

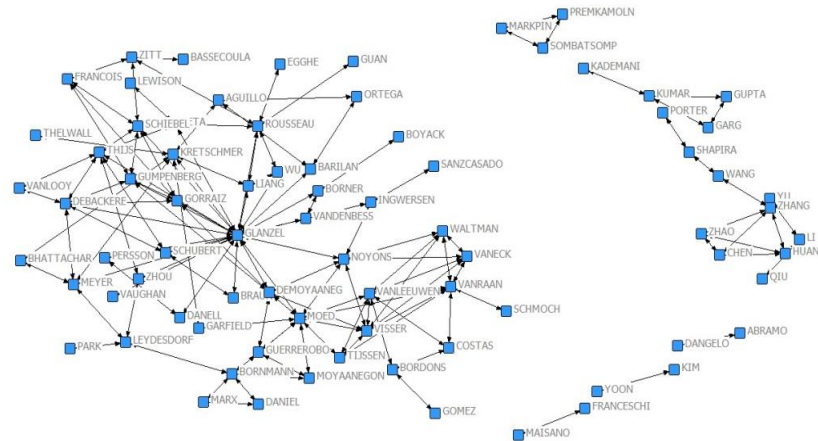
توجه به تعداد زیاد نویسندگان، امکان محاسبه شاخص فی برای تمامی افراد امکان پذیر نبود. با توجه به دشواری محاسبه و این نکته که برای تک تک نویسندگان باید این شاخص به صورت دستی محاسبه گردد، لازم بود پس از تحلیل نهایی، شاخصی مدنظر قرار گیرد و تعدادی از نویسندگان برای محاسبه شاخص استخراج شوند.

پس از محاسبه سنجه‌های مرکزیت، سنجه مرکزیت نزدیکی ۱۴ به عنوان شاخص نهایی جهت استخراج نویسندگانی که قرار است شاخص فی برای آنها محاسبه شود انتخاب گردید. علت انتخاب این سنجه این بود که سنجه مرکزیت نزدیکی، فاصله یک فرد را با کلیه افراد موجود در شبکه هم نویسندگان محاسبه می‌کند. بنابراین می‌توان این گونه استنباط کرد که افرادی که به یکدیگر نزدیک ترند، احتمالاً اطلاعات را سریع تر دریافت می‌کنند، زیرا واسطه‌های کمتری بین آنها وجود دارد (سهیلی، عصاره ۱۳۹۲). از سوی دیگر سنجه مرکزیت نزدیکی نشان دهنده دسترس پذیری، سلامت و امنیت نقش آفرینان ۱۵ است (فرانک، ۲۰۰۲). به عبارت دیگر، مرکزیت نزدیکی، نقطه‌ای است که به طور متوسط به کلیه نقطه‌ها نزدیک باشد. هرچه نقطه ای به مرکز نزدیک تر باشد، از استحکام بیشتری برخوردار است (سهیلی، عصاره ۱۳۹۲). پس از محاسبه طول مسیر برای افراد شبکه هم نویسندگی، افراد با فاصله منفی، و افرادی که طول مسیر آنها زیاد بود و نسبت به خوشه اصلی پراکنده بودند، حذف شدند و نهایتاً با توجه به اینکه ماتریس 101×101 بود، تعداد ۵۶ نفر و یا بیش از نیمی از این افراد برای محاسبه فی باقی ماندند.

یافته های پژوهش

یافته های پژوهش حاضر نشان می دهد که مجله ساینتومتریکس از ابتدای سال ۲۰۰۱ تا انتهای سال ۲۰۱۳، با انتشار ماهانه، جمعاً ۲۱۹۷ مقاله منتشر کرده است که این شامل تمامی انواع مقالات می باشد (پژوهشی، نامه به سردبیر و ...). که رخداد نام نویسندگان در آن برابر ۵۲۰۰ نویسنده بوده است. پس از استخراج داده و اجرای برنامه coauthor.exe، ماتریس 101×101 به دست آمد و نهایتاً با استفاده از برنامه ucinet و netdraw خوشه ها استخراج شدند. سپس افرادی که فاقد پیوند بودند و بصورت تک نفره کنار نقشه قرار گرفته بودند (ایزوله ها) در این

مرحله حذف شدند که جمعا ۲۱ نفر را تشکیل می دادند و همگی از ساختار خوشه بندی نهایی حذف شدند. نهایتا خوشه های قابل تحلیل بصورت زیر باقی ماندند (شکل ۱).



شکل ۱: شبکه هم نویسندگی مجله ساینتومتریکس از سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳

بررسی نقشه نهایی در شکل ۱ نشانگر وجود سه خوشه اصلی است. خوشه اول که بیشترین فضای نقشه را به خود اختصاص داده است از ۵۶ گره تشکیل شده که ۵۶ درصد از کل نقشه را تشکیل داده است. خوشه دوم از ۱۴ نویسنده تشکیل شده که ۱۴ درصد از فضای کل را به خود اختصاص داده است. خوشه سوم، خوشه ایی است کوچک و جدید که از ۳ نویسنده تشکیل شده است و در حال شکل گرفتن است.

جدول ۱: خوشه های شبکه هم نویسندگی مجله ساینتومتریکس از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳

خوشه های شبکه	تعداد گره ها	نسبت از کل شبکه (درصد)
خوشه اول	۵۶	۵۶ درصد
خوشه دوم	۱۴	۱۴ درصد
خوشه سوم	۳	۳ درصد

سنجه های مرکزیت^{۱۶}

همانطور که قبلا اشاره شد، به منظور انتخاب نقش آفرینان برتر با استفاده از سنجه های مرکزیت اقدام خواهد شد. به همین دلیل در این قسمت سنجه های مرکزیت تعریف و محاسبه می شوند تا بر اساس مناسب ترین سنجه مرکزیت، نقش آفرینان جهت محاسبه شاخص فی شناسایی و تعیین شوند.

به منظور بررسی دقیق تر خوشه ها، سنجه های مرکزیت برای آنها محاسبه شد. از آنجاییکه در یک شبکه اغلب افراد به شناسایی برجسته ترین افراد علاقه مندند، توجه به این سنجه ها حائز اهمیت است. این سنجه ها که برتری افراد شبکه را کمی سازی می کنند، موقعیت افراد را نسبت به سایرین و چگونگی مرکزیت آنها را مشخص می کنند. پژوهشگرانی مانند، موتسک ۱۷، لیو ۱۸ و بین ۱۹ معتقدند سنجه مرکزیت برای ارزشیابی تاثیر مفید است (موتسک ۲۰۰۳، لیو و دیگران، ۲۰۰۵، بین و دیگران ۲۰۰۶، لیو و دیگران ۲۰۰۷). فردی که در مرکز قرار می گیرد، در واقع در مرکز تعداد زیادی از ارتباط ها قرار دارد و پیوندهای مستقیم زیادی با افراد موجود در شبکه دارد. بنابراین تعداد گره های زیادی حول محور او قرار دارند. بر اساس تعریفی که فریمن ۲۰ از مرکزیت ارائه می کند، سنجه مرکزیت بر اساس سه جنبه، رتبه، نزدیکی و بینایی محاسبه می شود. مرکزیت یکی از قدیمی ترین مفاهیم در تحلیل شبکه است و اکثر شبکه های اجتماعی شامل فرد یا افرادی هستند که مرکزی هستند و به همین دلیل دسترسی بهتری به اطلاعات و فرصت بهتری برای توزیع اطلاعات دارند (سهیلی و عصاره، ۱۳۹۲). در این پژوهش، سه سنجه مرکزیت بینایی، مرکزیت بردار ویژه و مرکزیت نزدیکی مورد توجه قرار گرفته است. پس از توضیحاتی در مورد این سنجه ها، نتایج حاصل از محاسبه آنها در یک جدول ارائه می شود تا مناسب ترین سنجه جهت انتخاب نمونه پژوهش برای انجام محاسبه فی، تعیین شود.

سنجه مرکزیت بینایی^{۲۱}

این سنجه موقعیت فرد را درون یک شبکه بر اساس توانایی اش در ایجاد ارتباط با سایرین شناسایی می کند. فردی که موقعیت مطلوب و مستحکمی در شبکه بدست آورده است و تاثیر

خیلی زیادی بر آنچه که در شبکه اتفاق می افتد دارد، او مرکزیت بینابینی بالایی نیز خواهد داشت (سنتیل ویزوالایز ۲۲، ۲۰۱۰). بطور کلی مرکزیت بینابینی، نقطه ای است که بینابین بسیاری از جفت نقاط دیگر باشد؛ عبارت دیگر نقطه میانی است که راه های ارتباطی نقاط دیگر از آنها می گذرد. این نقطه قدرتمند، توانایی افزایش ارتباطات و یا ایزوله کردن را دارد (سهیلی و عصاره، ۱۳۹۲). فردی که در حال حاضر ارتباطات قوی دارد، توانایی مشارکت بالایی نیز دارد. بدین معنی که می تواند در آینده نیز ارتباطات خود را گسترش دهد. اما با توجه به این نکته، از سوی دیگر قدرت ایزوله کردن افراد را نیز خواهد داشت؛ در صورتیکه ارتباط خود را با برخی از گره ها قطع کند، آن گره ها ایزوله خواهند شد و از مرکزیت دور می افتند.

نتایج تحلیل حاضر نشان داد که در میان نویسندگان مجله سایتمتریکس، این شاخص بین ۰ تا ۹۹۰/۶۴۱ متغیر بوده است. از این رو ۱۰ نویسنده برتر از نظر این سنجه در جدول شماره ۲ ارائه شده اند که بعنوان مثال می توان از گلنزل ۲۳ با بزرگترین عدد، یعنی ۹۹۰/۶۴۱، مؤند ۲۴ با عدد ۴۸۱/۱۵۶ و روسو ۲۵ با ۱۵۶/۸۱۹ نام برد. میزان این سنجه برای گلنزل بیش از دو برابر مؤند بوده است و حاکی از اختلاف زیاد بین این دو نفر است. از سوی دیگر اختلاف بین مؤند و روسو نیز بسیار به چشم می آید، چراکه سنجه رتبه دوم بیش از سه برابر رتبه سوم است و در جمع کل میزان سنجه مرکزیت بینابینی برای نویسنده برتر بیش از ۶ برابر نویسنده سوم است که اختلاف زیاد این سنجه را نشان می دهد. ولی از رتبه ۴ به بعد میزان این اختلاف کم می شود و در برخی موارد حتی اختلافی بسیار جزئی دیده می شود.

سنجه مرکزیت بردار ویژه^{۲۶}

مرکزیت بردار ویژه بر این اساس شکل گرفته است که مرکزیت یک گره خاص نمی تواند مجزا از مرکزیت دیگر گره هایی که به آن متصل شده اند، تخمین زده شود. نمرات مرکزیت، به گره ها بر اساس نسبت ارتباط گره خاص با گره های دارای نمره مشارکت بالا با گره های دارای نمره مشارکت پایین محاسبه می شود (بوناسیچ^{۲۷}، ۱۹۷۲). مرکزیت بردار ویژه، نقطه ای است که دارای بیشترین مرکزیت بردار ویژه است و دارای همسایگان مرکزی بسیاری باشد، در واقع این سنجه باعث قدرت بیشتر می شود (براندز و اربلاچ^{۲۸}، ۲۰۰۵).

در پژوهش حاضر همانگونه که در سنجه مرکزیت بینابینی نیز اشاره شد، ۱۰ نویسنده برتر از لحاظ سنجه های مرکزیت ارائه شده اند. در مورد سنجه مرکزیت بردار ویژه، طیف اعداد بدست آمده از صفر تا ۹۹۹- بوده است که بدون در نظر گرفتن نمرات منفی، این طیف بین صفر تا ۰/۴۹۵ بوده است. سه نویسنده برتر در این مورد، شامل گلنزل با ۰/۴۹۵، موئد با ۰/۲۷۳ و دمویانگ ۲۹ با ۰/۲۴۷ بوده اند. در این سنجه، رتبه اول و دوم همان نویسندگانی هستند که در مورد سنجه مرکزیت بینابینی نیز در رتبه اول و دوم قرار گرفته اند و این حاکی از قدرت زیاد گلنزل و موئد در شبکه هم نویسندگان مجله سایتومتريکس است. اما آنچه حائز اهمیت است اختلاف رتبه اول و دوم است. میزان سنجه مرکزیت بردار ویژه رتبه اول تقریباً دو برابر میزان سنجه رتبه دوم است. ولی از رتبه سوم به بعد میزان این اختلاف کاهش می یابد و در برخی موارد مثل رتبه ۶، دو نفر ویزر ۳۰ و دی بیکر ۳۱ امتیاز کاملاً ۰/۲۰۶ کسب کرده اند.

سنجه مرکزیت نزدیکی^{۳۲}

در این سنجه، ارزیابی تاثیر افراد، از طریق نزدیکی یک فرد به افراد دیگر صورت می گیرد. در این نوع مرکزیت، طول مسیری که فرد با سایر افراد متصل به خود دارد و همچنین گام هایی که لازم است تا به افراد دیگر متصل شود، مورد توجه قرار می گیرد. افرادی که می توانند از مسیرهای کوتاهتری به دیگران برسند یا از طریق مسیرهای کوتاهتری می توان به آنها دسترسی داشت، در موقعیت برتری قرار می گیرند و بنابراین قدرت و نفوذ بیشتری در شبکه خواهند داشت (چنگ ۳۳، ۲۰۰۶). فردی که دسترسی سریعی به سایر افراد شبکه دارد، مسیر کوتاهتری برای دسترسی به افراد دیگر دارد، به سایرین نزدیک است و رویت پذیری بالایی دارد، سنجه مرکزیت نزدیک بیشتری نیز خواهد داشت. (سنتیل ویزوالایز، ۲۰۱۰). به همین نسبت، چنانچه در شبکه فردی وجود داشته باشد که هیچ پیوندی دریافت نکرده باشد و هیچ پیوندی به سایرین نداشته باشد، سنجه مرکزیت نزدیکی برای او صفر خواهد بود (سهیلی و عصاره، ۱۳۹۲). نکته ایی که در اینجا لازم است به آن توجه شود، این است که کمیت مرکزیت

نزدیکی بر اساس ترتیب معکوس است. بدین معنی که هرچه عدد تعلق گرفته به فرد کوچکتر باشد، سنجه مرکزیت نزدیکی قویتری برای وی محسوب می شود.

نتایج تحلیل حاضر نشان داد که سنجه مرکزیت نزدیکی محاسبه شده برای نویسندگان مجله سایتومتریکس، در طیفی برابر با ۹۹۹- تا ۱۹۹۱ قرار دارد. رتبه نخست در میزان این سنجه، مجددا در اختیار گلنزل قرار دارد که عدد ۱۹۹۱ را به خود اختصاص داده است. رتبه دوم نیز کماکان در اختیار موئند با عدد ۲۰۱۱ است که اختلاف اندکی را نشان می دهد. همچنین رتبه سوم که دو نفر در آن قرار گرفته اند، یعنی نویونز ۳۴ و دمویانگ میزان ۲۰۲۲ را کسب کرده است. مقایسه و نگاهی کلی به میزان سنجه های حاصل شده حاکی از آنست که در دو سنجه مرکزیت بردار ویژه و سنجه مرکزیت نزدیکی، رتبه های اول تا سوم مشترک هستند. یعنی سه نفر گلنزل، موئند و دمویانگ در هر سه سنجه، جایگاه اول تا سوم را به خود اختصاص داده اند. علاوه بر این دو نفر اول یعنی گلنزل و موئند در تمامی سنجه های محاسبه شده جایگاه یکسانی داشته اند.

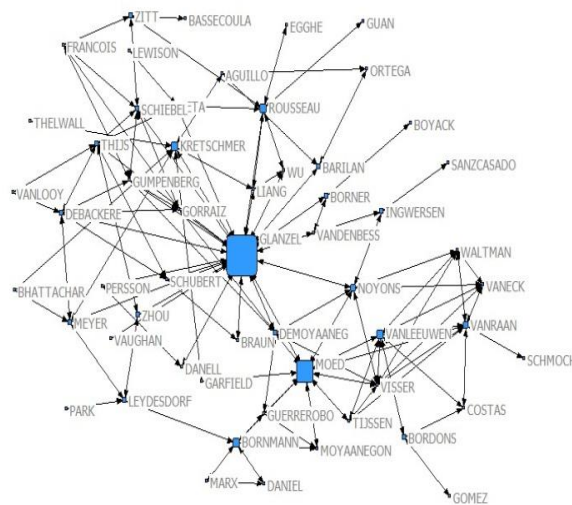
در یک جمع بندی کلی، یافته های حاصل از محاسبه هر سه سنجه مرکزیت جهت نویسندگان مجله سایتومتریکس محاسبه شد و ۱۰ نفر نخست در هر مورد در جدول زیر ارائه شده اند.

جدول ۲: ده نویسنده برتر مجله سایتومتریکس تا سال ۲۰۱۳ بر اساس سنجه های مرکزیت

	سنجه مرکزیت نزدیکی		سنجه مرکزیت بردار ویژه		سنجه مرکزیت بینایی	
1	Glanzel	1991	Glanzel	0.495	Glanzel	990.641
2	Moed	2011	Moed	0.273	Moed	486.156
3	Demoyaang	2022	Demoyaang	0.247	Rousseau	156.819
4	Noyons		Noyons	0.228	Bornmann	135.417
5	Meyer	2030	Gumpenberg	0.207	Kretschmer	132.376
6	Rousseau Kretschmer Thijs	2032	Visser Debacker	0.206	Vanleeuwen	131.667
7	Liang Gumpenberg Debacker Gorraiz	2034	Thijs	0.189	Noyons	104.483
8	Shiebel	2035	Shiebel	0.181	Vanraan	83.667
9	Leta Zhou	2036	Vanleeuwen	0.156	Leydesdorf	73.167
10	Wu Ingversen	2039	Vanraan	0.155	Meyer	71.631

محاسبه شاخص فی

به منظور استخراج نویسندگان جهت محاسبه شاخص فی، از سنجه مرکزیت نزدیکی استفاده شد. پس از استخراج این سنجه، افرادی که مرکزیت نزدیکی آنها منفی بود از لیست کنار گذاشته شدند. چراکه این افراد دارای پراکندگی زیادی بودند و در شبکه دسترسی به آنها دشوار بود و فاصله بسیار زیادی از سایرین داشتند. میزان این سنجه در دو طیف متفاوت توزیع شده بود. یک گروه ۵۶ نفری از نویسندگان، که همان نویسندگان خوشه اول و خوشه اصلی بودند از طیف ۱۹۹۱ تا ۲۱۵۶ ($R: 2165-1991=165$) قرار داشتند. این در حالی است که گروهی دیگر شامل ۲۳ نفر در طیف ۵۷۷۶ تا ۶۱۶۳ ($R: 6163-5776=387$) قرار داشتند. از این رو پراکندگی زیاد این افراد نسبت به ۵۶ نفر نخست کاملاً محسوس است. پس از تمرکز بر روی این سنجه، نقشه حاصل بدین صورت استخراج شد.



شکل ۲: منسجم ترین خوشه هم نویسندگی مجله ساینتومتریکس بر اساس سنجه مرکزیت نزدیکی

در سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳

در این قسمت لازم است یکبار دیگر به فرمول محاسبه شاخص فی توجه کنیم.

$$\phi = c \cdot a^{1/3} \cdot z^{2/3}$$

برای این منظور نیاز به محاسبه تعداد کل مقالات مشترک، تعداد کل هم نویسندگان (a) و نسبت این دو به یکدیگر (z) وجود دارد. نکته قابل ذکر، توجه به ثابت c است که بر اساس پژوهش کاباناک، این عدد برابر ۱ بدست آمده است.

سپس شاخص فی برای تک تک ۵۶ نویسنده بصورت دستی محاسبه شد که اطلاعات آن بصورت کامل در جدول زیر ارائه شده است. بعنوان نمونه محاسبه شاخص فی برای گلنزل بدین صورت انجام شده است:

تعداد کل مقالات = ۹۰ عدد (مستقیماً در فرمول وارد نمی شود بلکه برای محاسبه Z بکار می رود)

تعداد کل هم نویسندگان = ۲۳ نفر (که همان a در فرمول است)

تقسیم کردن تعداد کل مقالات بر تعداد کل هم نویسندگان (۳/۹۱ که این عدد همان Z در فرمول است)

a باید به توان یک سوم برسد

Z باید به توان دو سوم برسد

با ضرب در عدد ثابت (c=1) که تغییری در نتیجه حاصل نمی شود و شاخص فی برای وی محاسبه می شود.

$$\rightarrow \phi \simeq 7.05\phi = 1.23^{1/3} \cdot 3.91^{2/3}$$

جدول ۳: شاخص فی نویسندگان مجله سایتمتریکس از سال ۲۰۰۱ تا سال ۲۰۱۳

		co- articl e no	co-author no. (a)	Z	ϕ			co- article	co-author no. (a)	z	ϕ
1	GLANZEL	90	23	3.91	7.05	29	TIJSSEN	9	4	2.25	2.72
2	SCHUBERT	29	4	7.25	5.94	30	PERSSON	6	2	3	2.62
3	THIJS	37	7	5.28	5.8	31	DEMOYAANEG	11	7	1.57	2.58
4	VANLEEuwEN	32	8	4	5.03	32	SCHIEBEL	10	6	1.66	2.54
5	DEBACKERE	28	7	4	4.82	33	COSTAS	7	3	2.33	2.53
6	BRAUN	13	2	6.5	4.38	34	PARK	4	1	4	2.51
7	DANIEL	13	2	6.5	4.38	35	DANELL	5	2	2.5	2.32
8	VANRAAN	24	8	3	4.16	36	MARX	5	2	2.5	2.32
9	BORNMAN	20	6	3.33	4.05	37	FRANCOIS	7	4	1.75	2.3
10	BASSECOULA	8	1	8	3.99	38	LETA	7	4	1.75	2.3
11	VISSER	22	8	2.75	3.92	39	MOYAANEGON	6	3	2	2.28
12	GORRAIZ	19	6	3.16	3.91	40	KRETSCHMER	9	7	1.28	2.25
13	GUMPENBERG	18	6	3	3.77	41	VANLOOY	5	2	2.5	2.23
14	ROUSSEAU	19	7	2.71	3.71	42	BHATTACHAR	4	2	2	1.99
15	EGGHE	7	1	7	3.65	43	NOYONS	7	7	1	1.91
16	MOED	21	11	1.9	3.41	44	BORNER	4	3	1.33	1.74

		co- articl e no	co-author no. (a)	Z	ϕ			co- article	co-author no. (a)	z	ϕ
17	LEYDESDORF	12	4	3	3.3	45	WU	4	3	1.33	1.74
18	MEYER	13	5	2.6	3.23	46	BOYACK	2	1	2	1.58
19	VANECK	13	5	2.6	3.23	47	BARILAN	3	3	1	1.44
20	WALTMAN	13	5	2.6	3.23	48	INGWERSEN	3	3	1	1.44
21	BORDONS	10	3	3.33	3.21	49	GARFIELD	2	2	1	1.25
22	ZITT	11	4	2.75	3.11	50	VANDENBESS	2	2	1	1.25
23	ZHOU	9	3	3	2.99	51	GUAN	1	1	1	1
24	GOMEZ	5	1	5	2.92	52	LEWISON	1	1	1	1
25	LIANG	10	4	2.5	2.92	53	SANZCASADO	1	1	1	1
26	ORTEGA	7	2	3.5	2.9	54	SCHMOCH	1	1	1	1
27	AGUILLO	8	3	2.66	2.76	55	THELWALL	1	1	1	1
28	GUERREROBO	9	4	2.25	2.72	56	VAUGHAN	1	1	1	1

همانگونه که ذکر شد، شاخص فی، یک شاخص کیفی است. همانگونه که در پژوهش شوپرت در مورد نوازندگان جاز، نیز اشاره شد، این شاخص بخوبی توانسته است، کیفیت اجرای نوازندگان را مورد ارزیابی قرار دهد. در این پژوهش نیز دیده می شود که برخی از نویسندگانی که بر اساس سنجه های مرکزیت در جایگاه مناسبی قرار گرفته اند، پس از محاسبه شاخص فی، جایگاه خود را از دست داده اند. بعنوان مثال، موئد، که در کلیه سنجه های مرکزیت (اعم از بینایی، بردار ویژه و نزدیکی) رتبه دوم را داشته است، پس از بررسی توانایی هم نویسندگی وی، که با شاخص فی محاسبه شده است، در رتبه شانزدهم قرار گرفته است. بنابراین از آنجاییکه ترتیب افراد بر اساس شاخص فی محاسبه شده با ترتیب افراد در سنجه های محاسبه شده متفاوت است و تنها رتبه نخست یعنی گلنزل توانسته است در جدول فی نیز جایگاه نخست خود را حفظ کند، توجه به این نکته و مقایسه با سنجه های مرکزیت می تواند مورد بحث قرار گیرد.

با نگاهی به فرمول محاسبه فی، و موارد موجود در آن، آنچه مشخص است وجود رابطه بین تعداد هم نویسندگان، تعداد مقالات مشترک و شاخص فی است. اما جهت این رابطه به چه صورت است؟ در تحلیل جدول فوق و بررسی دقیقتر رابطه ها، مشخص شد، در مواردی که تعداد مقالات مشترک یکسان بوده است، هرچه تعداد هم نویسندگان کمتر بوده، فرد موردنظر از شاخص فی بیشتری برخوردار شده است. بعنوان مثال به شماره های ۱۵، ۲۶، ۳۳، ۳۸ و ۴۳ در جدول ۴، توجه کنید. همه این نویسندگان با داشتن ۷ مقاله مشترک، از این لحاظ یکسان هستند. ولی تعداد هم نویسندگان در تمامی آنها متفاوت است.

جدول ۴ : مقایسه شاخص فی نویسندگان با تعداد مقالات مشترک یکسان و تعداد هم نویسندگان متفاوت

		co-article no.	co-author no.	Z	ϕ
15	EGGHE	7	1	7	3.65
26	ORTEGA	7	2	3.5	2.9
33	COSTAS	7	3	2.33	2.53
38	COSTAS	7	4	1.75	2.3
43	NOYONS	7	7	1	1.91

همانگونه که مشاهده می شود، هر چه تعداد هم نویسندگان افزایش یافته است، شاخص فی کاهش یافته است. بنابراین می توان گفت شاخص فی با تعداد هم نویسندگان ارتباط معکوس دارد. علت این امر می تواند این نکته باشد، که زمانی که دو یا چند نویسنده مکررا با یکدیگر آثاری مشترک تولید می کنند، علاوه بر اینکه نشان دهنده این نکته است که حوزه موضوعی این افراد به یکدیگر نزدیک است، باعث تقویت قدرت یکدیگر نیز می شوند. چراکه پیش فرض این است که افراد با حوزه موضوعی مشابه، با یکدیگر آثاری مشترک تولید می کنند. همانگونه که نیومن اشاره می کند، بی تردید افرادی که تالیفات مشترکی با هم دارند، حداقل به لحاظ علمی از هم شناخت دارند. نیومن هم نویسندگی را یک معنای منطقی از آشنایی علمی می داند و معتقد است، اغلب افرادی که یک مقاله را با هم می نویسند، همدیگر را به خوبی می شناسند (نیومن، ۲۰۰۱). از این رو چنانچه نویسندگان در تولیدات خود به شبکه ای مشترک و دقیق از سایر افرادی که در آن حوزه کار کرده اند و تجربه دارند توجه کنند، شاخص فی بالاتری خواهند داشت، یا بعبارت دیگر توانایی مشارکت بیشتری در تولید آثار علمی دارا هستند.

بحث و تحلیل نهایی

بزرگترین خوشه هم نویسندگی در مجله ساینتومتریکس تا سال ۲۰۱۳، مربوط به ۵۶ نفر از نویسندگان است. پس از محاسبه شاخص مرکزیت، گلنزل و موئد، در تمامی سنجه های محاسبه شده، شامل: سنجه مرکزیت بینابینی، مرکزیت بردار ویژه و مرکزیت نزدیکی، جایگاه اول و دوم را به خود اختصاص داده بودند. پس از محاسبه شاخص فی، جایگاه اول و دوم به گلنزل و شوبرت تعلق گرفت. این در حالی است که شوبرت در هیچ کدام از سنجه های شاخص مرکزیت در بین ۱۰ نفر برتر قرار نداشته است. از این رو این پژوهش به این نتیجه می رسد که شاخص فی به ابعاد کیفی مشارکت هم نویسندگی توجه می کند و لزوماً با شاخص مرکزیت همراستا نیست. از سوی دیگر پس از تحلیل شاخص فی، مشخص شد، در شرایطی که تعداد مقالات مشترک با نویسندگان مشابه هستند، چنانچه هم نویسندگی با افراد مشابه باشد، شاخص فی بالاتری حاصل خواهد شد. بعبارت دیگر در این موارد، شاخص فی، با تعداد هم نویسندگان نامشابه، رابطه معکوس دارد.

فهرست منابع

- سهیلی، فرامرز و فریده عصاره. ۱۳۹۲. مفاهیم مرکزیت و تراکم در شبکه های علمی و اجتماعی. فصلنامه مطالعات ملی کتابداری و سازماندهی اطلاعات، ۲۴ (۳): ۹۲-۱۰۸.
- باجی، فاطمه و فریده عصاره ۱۳۹۲. ساختار شبکه هم نویسندگی حوزه علوم اعصاب ایران در پایگاه وب آو ساینس در سال های ۱۹۹۶-۲۰۱۱ با استفاده از رویکرد تحلیل شبکه اجتماعی. *مطالعات کتابداری و اطلاع رسانی*، زیر چاپ.
- Cabanac, G. 2013. Experimenting with the partnership ability phi-index on a million computer scientists. *Scientometrics*, 96 (1), 1-9. DOI 10.1007/s11192-012-0862-y.
- Zhao, S.X. and R. Rousseau, Ye, F. Y. 2011. H-degree as a basic measure in weighted networks. *Journal of informetrics*, 5, 668-677.
- Hirsch, J.E. 2005. An index to quantify an individual's scientific output. *Proceedings of the National Academy of sciences of the United States of America*, 102, 16569-6572.
- Schubert, a. 2012a. A Hirsch-type index of co-author partnership ability. *Scientometrics*, 91(1): 303-308, DOI: 10.1007/s11192-011-0559-7
- Schubert, a. 2012, b. Jazz disco metrics: a network approach. *Journal of informetrics* 6(4): 480-484, DOI: 10.1016/j.joi.2012.04.004
- Borgatti, S.P. 2002. *Analytic technologies*: Harvard, MA.
- Borgatti, S.P. Everett, M.G. and Freeman, L.C. 2002. *Ucinet for windows: software for social network analysis*. *Analytic technologies*: Harvard, M.A.
- Liu, X; et al. 2005. Co-authorship networks in the digital library research community. *Information processing and management*, 41: 1462-1480.
- Liu, L.G.; et al. 2007. Weighted network properties of Chinese nature science basic research. *Physical A-statistical mechanics and its applications*, 377(1):302-314.
- 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.
- 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.
- Freeman, L. 1979. Centrality in social networks: conceptual clarification. *Social networks*, 1:215-39.
- 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.
- Sentinel visualizes .2010. Social network analysis (SNA). Retrieved nov.22.2012, from: <http://www.fmsasg.com>.
- Bonacich, P. 1972. Factoring and weighting approaches to status scores and clique detection. *Journal of mathematical sociology*, 2: 113-120.

- Brandes, U. and erlebach, T. 2005. Network analysis methodological foundations. Springer verlage: Berlin Heidelberg.
<http://www.leydesdorff.net/software/coauth/index.htm>
- Newman, M.E.I. 2001. Scientific collaboration networks. I. network construction and fundamental results. Physical review, 64(016131): 1-8.
<http://www.citeseer.ist.psu.edu> (accessed 22 nov 2013).

- ¹ Scientometrics
- ² Hirsch
- ³ Zhao et al.
- ⁴ Schubert
- ⁵ Darleane Hoffman
- ⁶ Joe Henderson
- ⁷ Kenny Barron
- ⁸ Slide Hampton
- ⁹ Peggy lee
- ¹⁰ Cabanac
- ¹¹ Einstein
- ¹² Analytical measures
- ¹³ Centrality measures
- ¹⁴ Closeness
- ¹⁵ Actors
- ¹⁶ Centrality measures
- ¹⁷ Mutschke
- ¹⁸ Liu
- ¹⁹ Yin
- ²⁰ Freeman
- ²¹ Between's measure
- ²² Sentinel visualizes
- ²³ Glanzel
- ²⁴ Moed
- ²⁵ Rousseau
- ²⁶ Eigenvector centrality measure
- ²⁷ Bonacich
- ²⁸ Brandes and erlebach
- ²⁹ Demoyaang
- ³⁰ Visser
- ³¹ Debacker
- ³² Closeness centrality measure
- ³³ Cheng
- ³⁴ Noyons