تحقیقات کتابداری و اطلاع‌رسانی دانشگاهی،
دورهٔ ٤٩، شمارهٔ ٣، پاییز ١٣٩٤، ص ٣٥٥-٣٧٦

Academic Librarianship and Information Research
Vol. 49, No. 3, Autumn 2015, pp. 355-376

تحلیل ساختار شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای: شاخص‌های سطح خرد و کلان

علی سادات‌موسوی[١]، فاطمه نوشین‌فرد[٢*]، نجلا حریری[٣]، صدیقه محمداسماعیل[٤]

تاریخ دریافت: ٩٤/٤/٢٥ تاریخ پذیرش: ٩٤/٨/٣٠

چکیده

هدف: هدف پژوهش حاضر تحلیل ساختار هم‌بندی شبکه‌های اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای است.

روش: پژوهش حاضر از نوع کتاب‌سنجی است و به‌منظور دیداری‌سازی شبکه‌های هم‌نویسندگی از فن تحلیل شبکه‌ای استفاده شده است. جامعهٔ آماری پژوهش حاضر تمامی پژوهشگرانی است که از آنها دستکم یک مقاله در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای در نمایهٔ استنادی گسترش‌یافتهٔ علوم در سه بازهٔ زمانی سه‌ساله نمایه شده است.

یافته‌ها: بررسی شاخص‌های کلان شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای در هر سه بازهٔ زمانی نشان‌دهندهٔ آن است که این ساختار با دارا بودن ویژگی‌های میانگین طول مسیر کم، قطر شبکهٔ کم (مساوی یا کمتر از ٦) و ضریب خوشه‌بندی به‌نسبت زیاد، نوعی شبکهٔ «جهان کوچک» محسوب می‌شود. تحلیل شاخص‌های خرد نشان می‌دهد که جایگاه کشورهای عضو باشگاه هسته‌ای در این شبکه، جایگاهی برجسته و میزان قدرت و نفوذ آنها در شبکه، نسبت به دیگر کشورها بسیار بالاتر است. همچنین پراکندگی زیاد میان نمره‌های مرکزیت کشورها حاکم است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل شبکهٔ اجتماعی، ساختار توپولوژیکی، سنجه‌های مرکزیت، شبکهٔ هم‌نویسندگی، علوم و فناوری هسته‌ای.

١. دانشجوی دکتری علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران moosavi56@gmail.com

٢. استادیار گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران nooshinfar2000@yahoo.com

٣. دانشیار گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران nadjlahariri@gmail.com

٤. استادیار گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران M.esmaeili2@gmail.com

مقدمه

یک شبکهٔ اجتماعی اساساً مجموعه‌ای از عامل‌ها و روابط بین آنهاست که این عامل‌ها را با هم نگه می‌دارد. عامل‌ها می‌توانند اشخاص یا بخش‌های ادغام‌شده مانند گروه‌ها، سازمان‌ها یا خانواده‌ها باشند. عامل‌ها با مبادلهٔ زیاد منابع با همدیگر، شبکه‌های اجتماعی را شکل می‌دهند. چنین منابعی شاید اطلاعات، کالاها، خدمات، حمایت‌های اجتماعی یا مالی باشند. این نوع از تبادل منابع، به‌عنوان روابط شبکهٔ اجتماعی در نظر گرفته می‌شوند. جایی که افراد رابطه برقرار می‌کنند، می‌گویند که یک پیوند ایجاد شده است (امیربایر[1]، ۱۹۹۷). استحکام این پیوندها به تعداد و نوع منابعی که آنها مبادله می‌کنند و فراوانی و صمیمیت[2] مبادلات بستگی دارد و شاید از ضعیف تا قوی تغییر کند (مارسدن و کمپبل[3]، ۱۹۸۴).

شبکه‌های هم‌نویسندگی نوعی از شبکه‌های اجتماعی محسوب می‌شود که به آنها شبکهٔ همکاری‌های علمی نیز گفته می‌شود (عرفان‌منش و بصیریان جهرمی، ۱۳۹۲). اگرچه این شبکه‌ها به شبکه‌های استنادی که در نوشتارهای علمی مطالعه شده‌اند، شبیه هستند، هم‌نویسندگی به‌طور ضمنی روابط اجتماعی قوی‌تری نسبت به شبکه‌های استنادی را نشان می‌دهد. استنادها شاید بدون اینکه نویسندگان همدیگر را بشناسند، طی زمان اتفاق بیفتند؛ از سوی دیگر هم‌نویسندگی در پاره‌ای از مواقع نشان‌دهندهٔ رابطهٔ مقطعی و دانشکده‌ای بین نویسندگان است که این امر به‌درستی آن را در حوزهٔ تحلیل شبکه‌های اجتماعی قرار می‌دهد (لیو[4] و دیگران، ۲۰۰۵؛ سهیلی، ۱۳۹۱).

یکی از مهم‌ترین عوامل توسعهٔ کشورها، انجام دادن پژوهش‌های علمی به‌صورت مشارکتی در سطح جهان است. مشارکت بین‌المللی - به‌عنوان گسترده‌ترین نوع مشارکت علمی- در کشورهای درحال‌توسعه به روشی برای بالا بردن توانایی علمی این کشورها تبدیل شده است؛ زیرا از یک سو با توجه به امکانات، فناوری‌ها و پژوهش‌های گسترده‌تر، موجب استحکام بیشتر پژوهش‌ها شده و از سوی دیگر با ایجاد فضایی برای تبادل تجربیات، مهارت‌ها و تخصص‌ها، پویایی پژوهشگران را به‌دنبال خواهد داشت (حسن‌زاده، خدادوست و زندیان، ۱۳۹۱). از سوی دیگر سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین[5] (ازجمله علوم و فناوری هسته‌ای) لازمهٔ توسعهٔ علمی است؛ زیرا تولید ارزش‌افزودهٔ صنایع در سطح بین‌المللی به‌طور گسترده‌ای از این فناوری‌ها تأثیر می‌پذیرد.

در تحلیل شبکه‌های اجتماعی هم‌نویسندگی از شاخص‌های کلان[6] و خرد[7] برای بررسی تکامل و ساختار شبکه استفاده می‌شود. شاخص‌های کلان به بررسی پیکربندی و ویژگی‌های کلی شبکه‌ها از جمله تراکم[8]، انفکاک[9]، ضریب خوشه‌بندی[10]، مؤلفه‌های تشکیل‌دهندهٔ شبکه[11]، اتصال[12]، تمرکز[13]، قطر شبکه[14] و میانگین کوتاه‌ترین فاصله[15] می‌پردازند. تراکم، بیانگر نسبت پیوندهای موجود به

پیوندهای ممکن در شبکه است و همواره مقداری بین صفر و یک خواهد بود. شاخص اتصال بیانگر میزان پیوستگی گره‌های شبکه به یکدیگر از طریق هم‌نویسندگی یا شبکهٔ هم‌نویسندگی‌ها، قطر شبکه نشان‌دهندهٔ فاصلهٔ دورترین گره‌های شبکه با یکدیگر است. انفکاک میزان انفصال گره‌های شبکه از یکدیگر را نشان می‌دهد. ضریب خوشه‌بندی یا اجتماعی بودن[16]، به میزان تمایل افراد موجود در شبکه به تشکیل خوشه‌های[17] مختلف از طریق هم‌نویسندگی دلالت دارد و شاخص تمرکز به میزان سازمان یافتن مجموعه‌ای از گره‌ها در اطراف یک یا چند گره مرکزی در شبکه دلالت دارد. تعداد مؤلفه‌های شبکه و میانگین فاصله در شبکه که به میانگین کوتاه‌ترین مسیرهای[18] موجود میان هر دو گره در شبکه اطلاق می‌شود، از دیگر شاخص‌های کلان تحلیل شبکه‌های اجتماعی به‌شمار می‌روند. میانگین فاصلهٔ کمتر در شبکه امکان انتقال سریع‌تر اطلاعات را فراهم می‌آورد. علاوه بر تحلیل ساختار کلی و نحوهٔ تکامل شبکهٔ هم‌نویسندگی با استفاده از شاخص‌های کلان، می‌توان عملکرد هر یک از گره‌های موجود در شبکه را با استفاده از شاخص‌های خرد بررسی کرد. مرکزیت[19] که یکی از مهم‌ترین مفاهیم در تحلیل شبکه‌های اجتماعی محسوب می‌شود، به بررسی اهمیت و تأثیرگذاری افراد در شبکه می‌پردازد. مرکزیت رتبه[20]، مرکزیت نزدیکی[21]، مرکزیت بینابینی[22] و مرکزیت بتا[23] از مهم‌ترین سنجه‌های مرکزیت به‌شمار می‌روند.

بررسی پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینهٔ تحلیل شبکه‌های اجتماعی نشان می‌دهد که تاکنون مطالعات زیادی در حوزه‌های گوناگون صورت گرفته است، اما در بیشتر پژوهش‌ها، پژوهشگر (ان) از جنبهٔ خاصی به حوزهٔ موضوعی مورد نظر پرداخته است و کمتر پژوهشی یافت می‌شود که به‌طور جامع‌نگرانه با استفاده از تحلیل شبکه صورت گرفته باشد. لذا با توجه به اینکه در جست‌وجوهای به‌عمل‌آمده در متون، پژوهشی یافت نشد که به بررسی ساختار شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای پرداخته باشد. در این پژوهش سعی می‌شود تا با استفاده از رویکرد فردمحور و جمع‌محور به تحلیل ساختار شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای پرداخته شود. پژوهش حاضر به‌دنبال مشخص کردن این مسئله است که ساختار هم‌بندی (توپولوژی) شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورهای حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای در سطح خرد و کلان چگونه بوده و چه تغییراتی در ساختار این شبکه با گذشت زمان حاصل شده است.

سؤالات پژوهش

ساختار هم‌بندی (توپولوژیکی) شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای در سه بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰، ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ چگونه است؟

الف) ساختار هم‌بندی (توپولوژیکی) شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای ازنظر اندازه، تراکم، تعداد مؤلفه‌ها، میانگین طول مسیر، میانگین مرکزیت رتبه، انفکاک و ضریب خوشه‌بندی چگونه است؟

ب) ساختار هم‌بندی (توپولوژیکی) شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای، ازنظر سنجه‌های مرکزیت (مرکزیت رتبه، مرکزیت نزدیکی، مرکزیت بینابینی، مرکزیت بردار ویژه (مقدار ویژه)، بینابینی جریان، مرکزیت بتا، مرکزیت اطلاعات و مرکزیت دسترسی) چگونه است؟

روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کتاب‌سنجی است و به‌منظور دیداری‌سازی شبکه‌های هم‌نویسندگی از فن تحلیل شبکه استفاده شده است. بیکر و لنکستر[24] (١٩٩١) کتاب‌سنجی را مطالعهٔ الگوهای ارتباطی نویسندگان، انتشارات و متون با به‌کارگیری روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری توصیف می‌کند.

تحلیل شبکهٔ اجتماعی مجموعه‌ای از ابزارهای تحلیلی توسعه‌یافته برای تحلیل ساختار رابطه‌ای و تأثیر آن بر روی رفتارهای فردی و عملکرد نظام‌مند است (مارتین و ولمن[25]، ٢٠١١) و روش تشخیصی قدرتمندی برای تحلیل طبیعت و الگوی ارتباطات میان اعضای یک گروه خاص و شامل مجموعه‌ای از روش‌های تحلیل گراف خواهد بود که برای تحلیل شبکه‌ها در علوم اجتماعی، مطالعات ارتباطی، علم اقتصاد، علوم سیاسی، شبکه‌های رایانه‌ای و ... توسعه یافته است (سپهری و ریاحی، ١٣٨٩). محبوبیت تحلیل شبکه‌های اجتماعی تا حد زیادی از ظرفیت زیاد مدل‌سازی و تحلیل دنیای واقعی دستگاه‌های شبکه‌ای پیچیده اعم از شبکه‌های همکاری علمی ناشی می‌شود (آلبرت، جئونگ و باراباسی[26]، ١٩٩٩).

به‌طور کلی در روش تحلیل شبکه، توجه به کمّ و کیف شکل و محتوای روابط و آرایش آن‌ها معطوف است. برای مثال اگر روابط بین دولت و ملت مد نظر باشد، پژوهشگر طبق چارچوب نظری خود به شکل رابطهٔ آنها توجه دارد؛ شدت یا ضعف پیوندها، متقارن یا نامتقارن بودن و محتوای روابط. به این‌ترتیب در روش تحلیل شبکه، تأکید بر روی داده‌های رابطه‌ای است (چلبی، ١٣٧٣). در تحلیل شبکه، بیشتر شکل و محتوای رابطهٔ بین گره‌ها مورد نظر است تا خصوصیات و صفات عامل‌ها.

تعدادی از پژوهش‌های تحلیل شبکهٔ اجتماعی بر روی تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی شبکه تمرکز می‌کنند؛ بررسی ویژگی‌های ساختاری گره‌ها و روابط بینشان و اینکه چگونه توپولوژی شبکه، ساختارها و رفتارهای اعضای شبکه و شبکهٔ کامل را تحت تأثیر قرار می‌دهد (آلبرت و باراباسی[۲۷]، ۲۰۰۲).

جامعهٔ آماری پژوهش

جامعهٔ آماری این پژوهش را تمامی نویسندگانی تشکیل می‌دهند که از آنها دستکم یک مقاله در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای در نمایهٔ استنادی گسترش‌یافتهٔ علوم[۲۸] متعلق به وبگاه علوم (مؤسسهٔ تامسون رویترز) در سه بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰، ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ نمایه شده است. انتخاب سه بازهٔ زمانی در این پژوهش به‌دلایل زیر صورت گرفته است: دوران جنگ سرد، دورهٔ قبل از فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی و عصر حاضر. پس از حذف داده‌هایی از نوع Correction, Letter, Editorial در قسمت نوع مدرک؛ زیرا این نوع مدارک ماهیتاً تک‌نویسنده هستند (حریری و نیکزاد، ۱۳۹۰؛ سهیلی، ۱۳۹۱)، تعداد ۱۹۳۰۵ مدرک (۴۰۱۰۶ نویسنده) برای بازهٔ زمانی اول، تعداد ۲۲۳۱۹ مدرک (۵۲۱۵۵ نویسنده) برای بازهٔ زمانی دوم و ۲۴۳۰۸ مدرک (۶۲۷۳۴ نویسنده) برای بازهٔ زمانی سوم بازیابی شد که در کل ۶۶۰۰۴ مدرک و ۱۵۴۹۳۲ نویسنده، جامعهٔ این پژوهش را تشکیل می‌دهند.

روش گردآوری داده‌ها

در این پژوهش گردآوری داده‌ها در چند مرحله انجام گرفت: در ابتدا برای بازیابی داده‌ها از وبگاه علوم به قسمت جست‌وجوی پیشرفتهٔ پایگاه مذکور رفتیم و از فرمول

WC= (Nuclear Science & Technology) DocType=All document types; Language=All languages
Indexes=SCI-EXPANDED Timespan=1988-1990
Indexes=SCI-EXPANDED Timespan=1998-2000
Indexes=SCI-EXPANDED Timespan=2008-2010

استفاده شد. سپس داده‌هایی از نوع Article, Meeting Abstract, Proceedings Paper, Review, Software Review که از نوع تولید علمی به‌شمار می‌آیند و در این پژوهش عنوان مقاله برای آنان به‌کار برده شده است، در فرمت Plain Text در رکوردهای ۵۰۰ تایی و به‌صورت رکوردهای کامل[۲۹] ذخیره شدند. پس از اتمام کار ذخیرهٔ داده‌ها، در انتها، فایل‌های مربوط به هر بازهٔ زمانی یکپارچه و به‌صورت یک فایل ذخیره شدند. در مجموع سه فایل با فرمت Plain Text برای کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای به‌دست آمد. مرحلهٔ بعد و پس از ذخیرهٔ داده‌ها،

اجرای فرایند پیش‌پردازش بر روی داده‌های ذخیره‌شده بود. فرایند پیش‌پردازش بر روی داده‌ها انجام گرفت و موارد تکراری و اشتباه، همچنین موارد یکسان با املای متفاوت شناسایی و اصلاح شد. برای این کار اسامی پژوهشگران از فایل‌های ذخیره‌شده استخراج و وارد نرم‌افزار اکسل شدند. اسامی بر اساس حروف الفبای لاتین در صفحه‌های اکسل مرتب شدند. سپس با استفاده از فرمول‌نویسی، شکل بزرگ و کوچک حروف یکدست‌سازی و سپس دربارهٔ اسامی یکسان با املاهای متفاوت و شکل‌های اختصاری و کامل با استفاده از جست‌وجو و مرور چشمی، شناسایی و یکسان‌سازی انجام گرفت. داده‌های هر مقاله شامل اسامی نویسنده (ها)، عنوان، چکیده، تاریخ، نوع مدرک، نشانی و منابع مورد استناد هستند. اسامی نویسندگان استانداردسازی شد؛ زیرا برخی نویسندگان نام خود را در مقالات مختلف به شکل‌های مختلف ثبت کرده بودند.

در مرحلهٔ بعد طرحی برای ایجاد ماتریس‌های رابطه در این مطالعه تدوین شد تا به‌عنوان درون‌دادهایی برای یو.سی.آی نت[30] (بورگاتی، اوورت و فریمن[31]، ۲۰۰۲) استفاده شود. هر یک از خانه‌های ماتریس رابطه نمایانگر تعداد همکاری‌های میان هر یک از دو گره (پژوهشگر/ کشور/ سازمان) معین است. هم‌نویسندگی کشورها با استفاده از نرم‌افزارهای بایب‌اکسل[32] (پیرسون[33]، ۲۰۱۴) استخراج شد. در این پژوهش ۳ ماتریس هم‌نویسندگی کشورها به‌وسیلهٔ نرم‌افزار بایب‌اکسل استخراج شدند. نوع ماتریس مورد استفاده در این پژوهش ماتریس وزن‌دهی‌شده است؛ زیرا در این پژوهش علاوه بر مشخص کردن وجود یا نبود رابطهٔ بین پژوهشگران و کشورهای در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای، به تعداد تکرار رابطهٔ بین پژوهشگران و کشورها هم نیاز است.

یافته‌های توصیفی

مقدار تولیدات علمی ده کشور برتر در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای در هر یک از سه بازهٔ زمانی مورد نظر این پژوهش، در جدول ۱ نمایش داده شده است.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، کشور ایالات متحدهٔ آمریکا به‌ترتیب با ۵۹۰۶، ۵۱۳۸ و ۴۸۸۷ مدرک در هر سه بازهٔ زمانی، در رتبهٔ اول از نظر تعداد مدرک قرار دارد. در بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰ کشور آلمان و ژاپن به‌ترتیب با ۲۴۹۶ و ۲۳۹۸ رکورد در رتبه‌های دوم و سوم و در بازه‌های زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ ژاپن و آلمان با ۳۵۹۶، ۳۰۴۰، ۲۹۲۴ و ۲۷۸۶ رکورد در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند.

جدول ۱. ده کشور پرتولید در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای

۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰			۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰			۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰		
تعداد مدارک	نام کشور	ردیف	تعداد مدارک	نام کشور	ردیف	تعداد مدارک	نام کشور	ردیف
۴۸۸۷	ایالات متحدهٔ آمریکا	۱	۵۱۳۸	ایالات متحدهٔ آمریکا	۱	۵۹۰۶	ایالات متحدهٔ آمریکا	۱
۲۹۲۴	ژاپن	۲	۳۵۹۶	ژاپن	۲	۲۴۹۶	آلمان	۲
۲۷۸۶	آلمان	۳	۳۰۴۰	آلمان	۳	۲۳۹۸	ژاپن	۳
۲۱۴۲	فرانسه	۴	۱۹۷۸	روسیه	۴	۱۲۵۶	انگلستان	۴
۱۹۳۵	ایتالیا	۵	۱۶۴۹	فرانسه	۵	۱۰۳۴	فرانسه	۵
۱۶۶۰	چین	۶	۱۳۷۳	انگلستان	۶	۸۴۲	ایتالیا	۶
۱۵۱۹	روسیه	۷	۱۳۷۱	ایتالیا	۷	۷۹۹	اتحاد جماهیر شوروی (سابق)	۷
۱۴۴۴	کرهٔ جنوبی	۸	۷۵۵	سوییس	۸	۶۸۴	کانادا	۸
۱۲۰۴	هند	۹	۷۲۶	هند	۹	۵۷۷	هند	۹
۱۱۹۱	انگلستان	۱۰	۷۰۸	چین	۱۰	۴۶۲	سوییس	۱۰

برای پاسخ به پرسش ساختار هم‌بندی (توپولوژیکی) شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای از روش تحلیل شبکه‌های اجتماعی جمع‌محور[۳۴] استفاده شده است. در این نوع تحلیل برای پی بردن به وجود نقش‌ها یا موقعیت‌های خاص درون شبکه و توصیف ماهیت روابط بین این موقعیت‌ها، پژوهشگر از اطلاعات کاملی دربارهٔ الگوی پیوندها بین همهٔ عامل‌ها استفاده می‌کند (نوک و کاکلینسکی، ۱۳۸۷). تحلیل شبکه‌های جمع‌محور به شناسایی الگوهای ساختاری در مواردی که می‌توانند تعمیم داده شوند، گرایش دارد (گارتون و دیگران[۳۵]، ۱۹۹۷).

هم‌نویسندگی در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای از گره‌ها و پیوندها تشکیل شده است؛ گره‌ها نشان‌دهندهٔ کشورها و پیوندها نشان‌دهندهٔ روابط هم‌نویسندگی میان نویسندگان کشورهای مختلف هستند. مقادیر مختلف سنجه‌های شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در سه بازهٔ زمانی در جدول ۲ آورده شده است.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، شبکهٔ هم‌نویسندگی علوم و فناوری هسته‌ای کشورها در بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰ از ۸۱ گره و ۷۴۲ پیوند تشکیل شده است. این مقادیر برای بازهٔ زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ عبارتند از ۱۱۱ و ۱۹۱۰ و برای بازهٔ زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ عبارتند از ۱۱۶ گره و ۳۵۰۲ پیوند.

جدول ۲. ساختار هم‌بندی (توپولوژیکی) شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای در سه بازهٔ زمانی

سنجه‌های شبکه	۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰	۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰	۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰
تعداد گره‌ها	۸۱	۱۱۱	۱۱۶
تعداد پیوندها	۷۴۲	۱۹۱۰	۳۵۰۲
تراکم شبکه	۰/۱۱۵	۰/۱۵۶	۰/۲۶۳
تعداد مؤلفه‌ها (پاره‌ها)	۲۴	۸	۵
تعداد گره‌ها در مؤلفهٔ اصلی	۵۸	۱۰۴	۱۱۲
نسبت گره‌های بزرگ‌ترین مؤلفه به کل	۰/۷۱۶	۰/۹۳۷	۰/۹۶۶
میانگین طول مسیر در شبکه	۱/۹۹۱	۲/۰۱۹	۱/۸۳۳
انفکاک شبکه	۰/۴۹۰	۰/۱۲۳	۰/۰۶۸
ضریب خوشه‌بندی	۰/۳۴۴	۰/۳۰۷	۰/۳۸۰
قطر شبکه	۵	۴	۴
تمرکز شبکه	۰/۴۳۴	۰/۵۱۷	۰/۴۵۰
اتصال شبکه	۰/۵۱۰	۰/۸۷۷	۰/۹۳۲

تراکم شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰ برابر است با ۰/۱۱۵. مقدار این سنجه برای بازهٔ زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ برابر است با ۰/۱۵۶ و ۰/۲۶۳. تعداد مؤلفه‌های سه بازهٔ زمانی مذکور به‌ترتیب عبارت است از ۲۴، ۸ و ۵. در بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰ نسبت بزرگ‌ترین مؤلفه به‌کل ۰/۷۱۶ بود. این مقدار برای بازهٔ زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ به‌ترتیب عبارت است از ۰/۹۳۷ و ۰/۹۶۶. در بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰ میانگین طول مسیر در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها ۱/۹۹۱، در بازهٔ زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ این مقدار ۲/۰۱۹ و در بازهٔ زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ میانگین طول مسیر ۱/۸۳۳ است.

در زمینهٔ میزان انفکاک شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای، مقدار این سنجه برای بازه‌های زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰، ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ به‌ترتیب عبارتند از ۰/۶۹۰، ۰/۱۲۳ و ۰/۰۶۸.

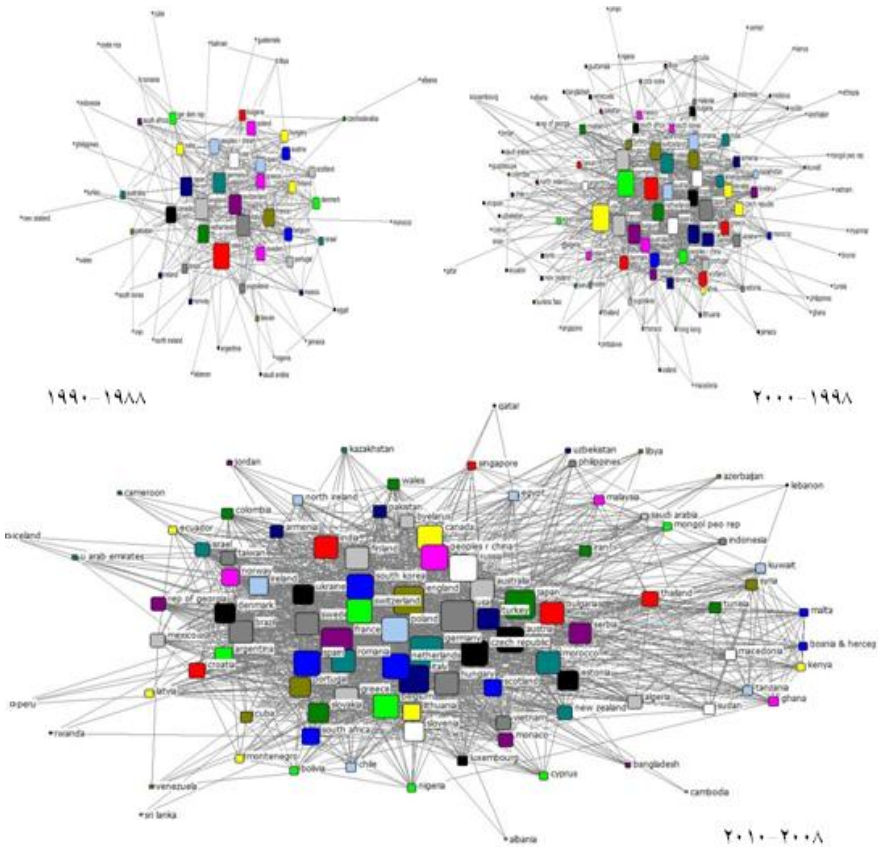
تمرکز شبکه در بازهٔ زمانی اول برابر با ۰/۴۳۴ و در بازهٔ زمانی سوم، برابر با مقدار ۰/۴۵۰ است. شاخص قطر شبکه یا فاصلهٔ دورترین گره‌های مؤلفهٔ اصلی نیز از عدد ۵ در بازهٔ زمانی اول به عدد ۴ در دو بازهٔ زمانی دوم و سوم می‌رسد. شاخص اتصال شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ

علوم و فناوری هسته‌ای نیز از مقدار ۰/۵۱۰ در بازهٔ زمانی اول به مقدار ۰/۸۷۷ در بازهٔ زمانی دوم و مقدار ۰/۹۳۲ در بازهٔ زمانی آخر افزایش یافته است.

ضریب خوشه‌بندی برای بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰، ۰/۳۴۴ و این عدد برای بازهٔ زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ ۰/۳۰۷ و برای بازهٔ زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰، ۰/۳۸۰ است.

نگاشت مربوط به مؤلفهٔ اصلی شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در سه بازهٔ زمانی مذکور در شکل ۱ آمده است. در این شکل‌ها اندازهٔ گره‌ها نشان‌دهندهٔ مرکزیت رتبهٔ کشورهاست.

جدول‌های ۳ تا ۵ مرکزیت شبکهٔ ارتباطات ده کشور برتر را نشان می‌دهد. در این جدول‌ها دو ستون مربوط به سنجه‌های مرکزیت است؛ ستون اول تعداد پیوندهای میان یک کشور با سایر کشورها و ستون دوم درصد پیوندهای مرتبط (رتبهٔ نرمال‌شده) را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نگاشت مؤلفهٔ اصلی شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در سه بازهٔ زمانی بر اساس مرکزیت رتبه

جدول ۳. سنجه‌های مرکزیت کشورها در بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰

ردیف	نام کشور	مرکزیت رتبه	رتبهٔ نرمال شده	ردیف	نام کشور	دوری	نزدیکی نرمال شده
۱	ایالات متحدهٔ آمریکا	۶۸۱	۸/۳۴۶	۱	ایالات متحدهٔ آمریکا	۱۹۳۵	۴/۱۳۴
۲	آلمان	۵۳۹	۶/۶۰۵	۲	انگلستان	۱۹۴۳	۴/۱۱۷
۳	ایتالیا	۴۲۷	۵/۲۳۳	۳	ایتالیا	۱۹۴۴	۴/۱۱۵
۴	فرانسه	۳۵۹	۴/۴۰۰	۴	آلمان	۱۹۴۵	۴/۱۱۳
۵	سویس	۳۴۶	۴/۲۴۰	۵	سویس	۱۹۴۷	۴/۱۰۹
۶	انگلستان	۳۰۰	۳/۶۷۶	۶	ژاپن	۱۹۴۸	۴/۱۰۷
۷	ژاپن	۲۰۱	۲/۴۶۳	۷	اتحاد جماهیر شوروی (سابق)	۱۹۵۱	۴/۱۰۰
۸	کانادا	۱۶۷	۲/۰۴۷	۸	کانادا	۱۹۵۲	۴/۰۹۸
۹	اتحاد جماهیر شوروی (سابق)	۱۴۹	۱/۸۲۶	۹	هلند	۱۹۵۲	۴/۰۹۸
۱۰	هلند	۱۲۳	۱/۵۰۷	۱۰	فرانسه	۱۹۵۲	۴/۰۹۸
میانگین		۵۶/۷۴۱	۰/۶۹۵	میانگین		۱۹۷۶/۴۸	۴/۰۴۸
انحراف معیار		۱۲۲/۳۰۹	۱/۴۹۹	انحراف معیار		۲۲/۸۴۰	۰/۰۴۶
تمرکز شبکه		٪۷/۷۴۶		تمرکز شبکه		برای شبکه با اتصال کم محاسبه نمی‌شود	

ردیف	نام کشور	مرکزیت بینابینی	نرمال شده	ردیف	نام کشور	مرکزیت بتا	نرمال شده
۱	ایالات متحدهٔ آمریکا	۳۷۶/۳۸۷	۱۱/۱۱	۱	ایالات متحدهٔ آمریکا	۷۱۱۲۹/۳۲	۸/۹۰۷
۲	انگلستان	۲۱۵/۶۳۹	۶/۸۲۴	۲	آلمان	۶۷۵۸/۲۴۶	۰/۸۴۶
۳	جمهوری دموکراتیک آلمان[۳۶]	۱۲۳/۷۰۳	۳/۹۱۵	۳	ژاپن	۵۶۳۸/۲۴۹	۰/۷۰۶
۴	ایتالیا	۱۱۸/۹۱۹	۳/۷۶۳	۴	انگلستان	۲۵۴۹/۵۳۸	۰/۳۱۹
۵	ژاپن	۱۱۵/۹۱۵	۳/۶۶۸	۵	ایتالیا	۲۳۸۸/۹۳۸	۰/۲۹۹
۶	آلمان	۹۸/۱۲۱	۳/۱۰۵	۶	فرانسه	۲۳۲۹/۱۴۵	۰/۲۹۲
۷	فرانسه	۸۰/۴۲۹	۲/۵۴۵	۷	کانادا	۱۶۴۶/۱۶۴	۰/۲۰۶
۸	استرالیا	۷۵/۸۱۷	۲/۳۹۹	۸	سویس	۱۵۴۱/۳۷	۰/۱۹۳
۹	کانادا	۶۸/۳۴۳	۲/۱۶۳	۹	اتحاد جماهیر شوروی (سابق)[۳۷]	۱۳۶۹/۶۸۸	۰/۱۷۲
۱۰	چکسلواکی	۵۶/۰۰	۱/۷۷۲	۱۰	هند	۷۹۸/۶۳۴	۰/۱۰۰
میانگین		۲۰/۲۲۲	۰/۶۴۰				
انحراف معیار		۵۴/۱۰۹	۱/۷۱۲				
تمرکز شبکه		٪۱۱/۴۱					

در بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰ کشورهای ایالات متحدهٔ آمریکا و آلمان به‌ترتیب با مرکزیت رتبهٔ ۶۸۱ و ۵۳۹ و مرکزیت رتبهٔ نرمال‌شدهٔ ۸/۳۴۶ و ۶/۶۰۵ به‌ترتیب رتبه‌های اول و دوم را به خود اختصاص داده‌اند؛ به‌عبارتی در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای، این دو کشور بیشترین پیوند را دریافت کرده‌اند. به‌جز این دو کشور که در عرصهٔ تولیدات علمی در حوزهٔ علوم و فناوری برجسته هستند، کشورهایی مانند ایتالیا، فرانسه، سوییس، انگلستان، ژاپن، کانادا، اتحاد جماهیر شوروی (سابق) و هلند نیز از جمله کشورهای دارای مرکزیت رتبهٔ بالا محسوب می‌شوند، زیرا این کشورها همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، به‌ترتیب از ۵/۲۳۳ تا ۱/۵۰۷ رتبهٔ نرمال‌شدهٔ مرکزیت رتبهٔ بالا را به خود اختصاص داده‌اند.

بیشترین نمرهٔ مرکزیت بتا متعلق به کشورهای ایالات متحدهٔ آمریکا، آلمان، ژاپن، انگلستان، ایتالیا، فرانسه، کانادا، سوییس، اتحاد جماهیر شوروی (سابق) و هند است؛ بنابراین با توجه به نمرهٔ مرکزیت بتا، می‌توان عنوان کرد که این کشورها در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها دارای بیشترین قدرت تأثیرگذاری علمی هستند.

تحلیل داده‌ها نشان‌دهندهٔ آن است که کشورهای ایالات متحدهٔ آمریکا و انگلستان در میان ۸۱ کشور فعال در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای، دارای بیشترین نزدیکی به سایر کشورهای موجود در شبکه است و به‌عبارتی این دو کشور بر اساس سنجهٔ نزدیکی، مرکزیت زیادی دارند.

در بازهٔ زمانی ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۰ تنوع و تفاوت زیادی در زمینهٔ سنجهٔ بینابینی کشورهای مختلف وجود دارد و این سنجه از صفر تا ۳۷۶/۳۸۷ متغیر است. تحلیل داده‌های جدول فوق نشان می‌دهد که میانگین سنجهٔ بینابینی برای کشورها ۲۰/۲۲۲ و سطح پراکندگی آن ۵۴/۱۰۹ را نشان می‌دهد. همچنین داده‌ها نشان داد که کشورهای ایالات متحدهٔ آمریکا و انگلستان مرکزیت بینابینی قوی دارند و بسیاری از کشورها فاقد قدرت بینابینی هستند. داده‌ها نشان داد که به‌طور کلی ۲۹/۹۷ درصد از کشورها مرکزیت بینابینی دارند و بیش از دوسوم کشورهای مورد بررسی فاقد قدرت تأثیرگذاری در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی هستند. به‌عبارت‌دیگر درصد زیادی از کشورها بدون اینکه واسطه‌ای قوی باشند، در شبکه قرار دارند؛ بنابراین نمی‌توان انتظار مرکزیت بینابینی قوی در شبکه داشت.

جدول٤. سنجه‌های مرکزیت کشورها در بازهٔ زمانی ١٩٩٨ تا ٢٠٠٠

ردیف	نام کشور	مرکزیت رتبه	رتبه نرمال شده	ردیف	نام کشور	دوری	نزدیکی نرمال شده
١	آلمان	٢٧٠٣	۶/٩۴١	١	ایالات متحدهٔ آمریکا	٩١٠	١٢/٠٨٨
٢	ایالات متحدهٔ آمریکا	٢۶۵٩	۶/٨٢٨	٢	آلمان	٩١۴	١٢/٠٣۵
٣	فرانسه	١۶٣٩	۴/٢٠٩	٣	ایتالیا	٩٢۶	١١/٨٧٩
۴	ایتالیا	١۵۴٩	٣/٩٧٨	۴	فرانسه	٩٢٧	١١/٨۶۶
۵	روسیه	١۴٧٢	٣/٧٨٠	۵	انگلستان	٩٢٨	١١/٨۵٣
۶	سوییس	١٢٢٩	٣/١۵۶	۶	روسیه	٩٣٠	١١/٨٢٨
٧	انگلستان	١٢١٨	٣/١٢٨	٧	ژاپن	٩٣١	١١/٨١۵
٨	ژاپن	١٢٠٩	٣/١٠۵	٨	بلژیک	٩٣۴	١١/٧٧٧
٩	هلند	۶۴٣	١/۶۵١	٩	سوئد	٩٣۶	١١/٧۵٢
١٠	لهستان	۵۶٠	١/۴٣٨	١٠	مجارستان؛ کانادا	٩٣٧	١١/٧۴٠
میانگین		٢٠٣/٠٨١	٠/۵٢٢	میانگین		٩٨۵	١١/١٨٣
انحراف معیار		۴۶٨/٣٣۴	١/٢٣٠	انحراف معیار		٣۶/۵۶۴	٠/۴١٢
تمرکز شبکه		٪۶/۴٧٨		تمرکز شبکه		برای شبکه با اتصال کم محاسبه نمی‌شود	

ردیف	نام کشور	مرکزیت بینابینی	نرمال شده	ردیف	نام کشور	مرکزیت بتا	نرمال شده
١	ایالات متحدهٔ آمریکا	٧٧۴/٧٧٢	١٢/٩٢۴	١	ایالات متحدهٔ آمریکا	٢٠١٣٩٢٨	١٠/٠٢٩
٢	آلمان	۶۴١/٠۶۶	١٠/۶٩٣	٢	آلمان	٣٨٧٨٠١/٢	١/٩٣١
٣	ژاپن	۴٣٠/٨٧۴	٧/١٨٧	٣	ژاپن	٣٨۵۴٢٢/٩	١/٩١٩
۴	روسیه	٣٢٠/۴١٢	۵/٣۴۵	۴	روسیه	١٩٧۶٣٢/٣	٠/٩٨۴
۵	کانادا	٣١٣/۴١۵	۵/٢٢٨	۵	فرانسه	١۶۶٨٠٣/۴	٠/٨٣١
۶	هند	٣١٠/٢٣٠	۵/١٧۵	۶	ایتالیا	١۴٢٨٠٣/۴	٠/٧١١
٧	انگلستان	٢٩۴/٣۵٣	۴/٩١٠	٧	انگلستان	١٠۶٢٢١/٢	٠/۵٢٩
٨	ایتالیا	٢۵٣/۶٩٣	۴/٣٢٣	٨	سویس	٧٨٨۶۶/٢٢	٠/٣٩٣
٩	فرانسه	٢٢۶/٢۶۶	٣/٧٧۴	٩	کانادا	۵٩٢٩۴/١٣	٠/٢٩۵
١٠	مجارستان	١٧٧/٣١٠	٢/٩۵٨	١٠	هلند	۴٠۵١٩/٨۴	٠/٢٠٢
میانگین		۴٩/١٨٩	٠/٨٢١				
انحراف معیار		١١٩/٩١٠	٢/٠٠٠				
تمرکز شبکه		٪١٢/٢١					

همان‌طور که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود، در بازهٔ زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ بیشترین تعداد پیوند در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای متعلق به کشورهای آلمان،

ایالات متحدهٔ آمریکا و فرانسه است. در این بازه کشورهای ایالات متحدهٔ آمریکا، آلمان، ژاپن، روسیه، فرانسه، ایتالیا، انگلستان، سوییس، کانادا و هلند ده کشوری هستند که بالاترین نمره‌های سنجهٔ مرکزیت بتا را به خود اختصاص داده‌اند؛ همچنین دو کشور ایالات متحدهٔ آمریکا و آلمان بر اساس سنجهٔ مرکزیت نزدیکی، در صدر کشورهای دیگر قرار دارند. کشورهای ایتالیا، فرانسه، انگلستان، روسیه، ژاپن، بلژیک، سوئد، مجارستان و کانادا در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

کشورهای ایالات متحدهٔ آمریکا، آلمان و ژاپن سه کشوری هستند که بالاترین نمرهٔ مرکزیت بینابینی را به خود اختصاص داده‌اند. در این بازهٔ زمانی میانگین مرکزیت بینابینی شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها ۴۹/۱۸۹ و سطح پراکندگی ۱۱۹/۹۱۰ است. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که به‌طور کلی ۶۲/۱۶ درصد از کشورها مرکزیت بینابینی دارند و بیش از یک‌سوم (۴۲ کشور) کشورهای مورد بررسی فاقد قدرت تأثیرگذاری در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی هستند. به‌عبارت دیگر درصد زیادی از کشورها بدون اینکه واسطه‌ای قوی باشند، در شبکه قرار دارند، بنابراین نمی‌توان انتظار مرکزیت بینابینی قوی در شبکه داشت.

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود کشورهای آلمان، ایالات متحدهٔ آمریکا و فرانسه بیشترین نمرات مربوط به مرکزیت رتبه را در بازهٔ زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ به خود اختصاص داده‌اند. کشورهای ایتالیا، انگلستان، روسیه، سوییس، ژاپن، اسپانیا و بلژیک هفت کشور بعدی هستند که در رتبه‌های هفتم تا دهم این جدول قرار گرفته‌اند. نمرات مربوط به مرکزیت رتبهٔ این کشورها در جدول مذکور مشاهده می‌شود.

کشورهای ایالات متحدهٔ آمریکا، آلمان، فرانسه، ژاپن، ایتالیا، روسیه، انگلستان، سوییس، چین و کرهٔ جنوبی در بازهٔ زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ کشورهای قدرتمند از لحاظ سنجهٔ مرکزیت بتا ۲۰۱۰ به‌شمار می‌روند.

کشورهای ایالات متحدهٔ آمریکا، آلمان و فرانسه سه کشور برتر این دوره بر اساس سنجهٔ مرکزیت نزدیکی هستند. اسامی سایر کشورها در جدول مذکور مشاهده می‌شود.

کشورهای فرانسه، آلمان و هند بالاترین نمرهٔ سنجهٔ مرکزیت بینابینی را به خود اختصاص داده‌اند. ایالات متحدهٔ آمریکا، استرالیا، کانادا، ایتالیا، ژاپن، انگلستان و برزیل کشورهای دیگری هستند که در رتبه‌های بعدی، داشتن مرکزیت بینابینی را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۵. سنجه‌های مرکزیت کشورها در بازهٔ زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰

ردیف	نام کشور	مرکزیت رتبه	رتبهٔ نرمال‌شده	ردیف	نام کشور	دوری	مرکزیت نزدیکی نرمال‌شده
۱	آلمان	۳۰۷۶	۷/۸۲۱	۱	ایالات متحدهٔ آمریکا	۶۰۶	۱۸/۹۷۷
۲	ایالات متحدهٔ آمریکا	۲۹۲۱	۷/۴۲۷	۲	آلمان	۶۰۸	۱۸/۹۱۴
۳	فرانسه	۲۵۱۰	۶/۳۸۲	۳	فرانسه	۶۱۰	۱۸/۸۵۲
۴	ایتالیا	۲۲۴۹	۵/۷۱۸	۴	ایتالیا	۶۱۲	۱۸/۷۹۱
۵	انگلستان	۱۵۹۶	۴/۰۵۸	۵	ژاپن	۶۱۴	۱۸/۷۳۰
۶	روسیه	۱۵۶۹	۳/۹۸۹	۶	انگلستان	۶۱۴	۱۸/۷۳۰
۷	سویس	۱۴۷۶	۳/۷۵۳	۷	روسیه	۶۱۸	۱۸/۶۰۸
۸	ژاپن	۱۳۲۷	۳/۳۷۴	۸	استرالیا	۶۱۹	۱۸/۵۷۸
۹	اسپانیا	۱۳۱۳	۳/۳۳۸	۹	جمهوری چک	۶۲۰	۱۸/۵۴۸
۱۰	بلژیک	۹۷۶	۲/۴۸۲	۱۰	لهستان	۶۲۱	۱۸/۵۱۹
میانگین		۲۸۹/۷۹۳	۰/۷۳۷		میانگین	۶۰۶	۱۴/۶۵۰
انحراف معیار		۵۶۹/۲۴۴	۱/۴۴۷		انحراف معیار	۳۷/۴۷۰	۰/۹۴۶
تمرکز شبکه		٪۷/۱۴۶			تمرکز شبکه	برای شبکه با اتصال کم محاسبه نمی‌گردد	

ردیف	نام کشور	مرکزیت بینابینی	نرمال شده	ردیف	نام کشور	مرکزیت بتا	نرمال شده
۱	فرانسه	۵۳۸/۵۶۲	۸/۲۱۶	۱	ایالات متحده آمریکا	۲۰۴۶۳۳۸/۳۷۵	۱۰/۱۱۸
۲	آلمان	۳۰۰/۲۶	۴/۵۸۱	۲	آلمان	۴۱۰۱۶۱/۵۰۰	۲/۰۲۸
۳	هند	۲۸۰/۰۰۳	۴/۲۷۲	۳	فرانسه	۳۰۸۸۱۹/۹۰۶	۱/۵۲۷
۴	ایالات متحده آمریکا	۲۶۰/۰۱۱	۳/۹۶۷	۴	ژاپن	۳۰۴۱۴۳/۵۰۰	۱/۵۰۴
۵	استرالیا	۲۴۸/۸۰۵	۳/۷۹۶	۵	ایتالیا	۲۵۴۰۱۹/۱۷۲	۱/۲۵۶
۶	کانادا	۲۳۷/۱۲۹	۳/۶۱۸	۶	روسیه	۱۷۰۷۹۵/۶۰۹	۰/۸۴۴
۷	ایتالیا	۲۰۶/۷۱۶	۳/۱۵۴	۷	انگلستان	۱۵۵۴۹۲/۵۳۱	۰/۷۶۹
۸	ژاپن	۱۹۵/۲۵۵	۲/۹۷۹	۸	سویس	۱۴۰۴۱۷/۲۶۶	۰/۶۹۴
۹	انگلستان	۱۸۹/۸۰۸	۲/۸۹۶	۹	چین	۱۰۲۴۸۸/۷۲۷	۰/۵۰۷
۱۰	برزیل	۱۸۶/۶۸۰	۲/۸۴۸	۱۰	کره جنوبی	۹۸۸۹۸/۵۰۸	۰/۴۸۹
میانگین		۴۴/۶۲۹	۰/۶۸۱				
انحراف معیار		۸۲/۶۰۹	۱/۲۶۰				
تمرکز شبکه		٪۷/۶۰					

در این بازهٔ زمانی میانگین مرکزیت بینابینی کشورها، ۴۴/۶۲۹ و سطح پراکندگی ۸۲/۶۰۹ است. داده‌ها نشان داد که به‌طور کلی ۷۵ درصد از کشورها دارای مرکزیت بینابینی هستند و کمتر از یک‌سوم از کشورهای تحت بررسی فاقد قدرت تأثیرگذاری در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی هستند. در این بازه، درصد زیادی از کشورها در شبکهٔ هم‌نویسندگی به‌عنوان کشور واسطه قرار دارند.

بحث و نتیجه‌گیری

آنچه از نتایج این پژوهش استنباط می‌شود، این است که بیشتر کشورهایی که در هر سه بازهٔ زمانی، رتبه‌های اول تا دهم تولیدات علمی حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای را به خود اختصاص داده‌اند یا در زمرهٔ کشورهایی هستند که بمب اتم دارند؛ مانند ایالات متحدهٔ آمریکا، آلمان، روسیه، فرانسه، انگلستان، ایتالیا، هند و چین؛ یا در زمرهٔ کشورهایی قرار دارند که از انرژی هسته‌ای استفاده می‌کنند، مانند ژاپن، سوییس و کانادا و به‌اصطلاح جزو کشورهای عضو باشگاه هسته‌ای به‌شمار می‌روند.

تعداد گره‌های شبکه در بازه‌های زمانی مورد بررسی روندی صعودی دارد. هر چند علت اصلی افزایش در تعداد گره‌ها در بازهٔ زمانی دوم، به فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی و کشورهای پساشوروی برگردد؛ زیرا در دسامبر ۱۹۹۱ پس از فروپاشی اتحاد جماهیر سوسیالیستی شوروی، ۱۵ کشور مستقل (موسوم به کشورهای پساشوروی) از دل آن بیرون آمدند و بر تعداد کشورهای جهان افزوده شده است (ویکی‌پدیا، ۲۰۱۵)، اما باز هم تعداد گره‌های شبکه افزایش داشته است. این افزایش در تعداد گره‌های شبکه در دوره‌های زمانی مورد بررسی نشان‌دهندهٔ ورود کشورهای جدید به تولید علمی در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای است که شاید بتوان آنها را تازه‌واردان علمی در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای نامید. از آنجایی‌که با گذشت زمان، روزبه‌روز بر اهمیت حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای افزوده شده و علاوه بر کاربردهای نظامی، استفادهٔ صلح‌آمیز از علوم و فناوری هسته‌ای نیز بسیار حائز اهمیت است، این افزایش منطقی به‌نظر می‌رسد. از سوی دیگر با افزایش اندازهٔ شبکه، این احتمال وجود دارد که هر پژوهشگر نتواند با سایر پژوهشگران موجود، تألیف مشترک داشته باشد و از انسجام شبکه کاسته شود. اما در شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای، به‌موازات افزایش تعداد گره‌ها، افزایش در تعداد پیوندهای شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورهای حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای نیز بیانگر تمایل پژوهشگران این کشورها به مشارکت و همکاری علمی با یکدیگر و شاید ماهیت حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای باشد که زمینهٔ پیچیده‌ای محسوب می‌شود و پژوهش در این حوزه نیازمند مشارکت افراد مختلف است.

تراکم شبکه را می‌توان مجموعه‌ای از روابط تعریف کرد که گره‌ها را به یکدیگر متصل کرده و شبکه را از گسیختگی باز می‌دارند. تراکم شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای نشان می‌دهد که در بازهٔ زمانی اول تنها ١١/٥ درصد تمام روابط ممکن بین کشورها؛ چه قوی و چه ضعیف با یکدیگر ارتباط دارند. این مقدار در بازهٔ زمانی سوم به ٢۶/٣ درصد افزایش می‌یابد. در یک شبکهٔ هم‌نویسندگی مشاهدهٔ یک شبکهٔ بزرگ با تراکم کم غیرمتداول نیست؛ زیرا بر اساس پژوهش‌های بیکر[٣٨] (٢٠٠٠) تراکم شبکه با اندازهٔ شبکه (که با تعداد گره‌ها و روابط بین آنها محاسبه می‌شود) رابطهٔ معکوسی دارد. به بیان دیگر، گره‌های شبکه علاوه بر اینکه تعداد پیوندهای احتمالی را افزایش می‌دهد، موجب تراکم کم شبکه هم می‌شوند؛ اما بررسی شاخص تراکم شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورهای حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای نشان می‌دهد که هرچند این شبکه در بازهٔ زمانی اول دارای کمترین میزان تراکم بوده، در بازه های زمانی بعد همراه با افزایش تعداد مقالات مشترک و هم‌نویسی‌شده، به‌تدریج تراکم شبکهٔ هم‌نویسندگی نیز افزایش یافته است. به‌عبارتی در بازهٔ زمانی سوم بیش از یک‌چهارم از کل روابط بالقوهٔ شبکه به فعلیت رسیده که نشان‌دهندهٔ روابط بین کشورهای مختلف و انسجام زیاد شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای است. نتایج مربوط به تراکم شبکهٔ هم‌نویسندگی در بازه‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد که با گذشت زمان تعداد گسست‌های موجود در شبکه کاهش یافته، بر تراکم شبکه افزوده شده و روابط اجتماعی[٣٩] در شبکه بسته‌تر شده است. مقایسهٔ میزان تراکم شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای (میانگین ١٧/۴ درصد) با تراکم شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورهای آمریکای لاتین در حوزهٔ مدیریت بالاتر است؛ زیرا در پژوهش روندا - پوپو (٢٠١٥) تراکم شبکهٔ هم‌نویسندگی این کشورها ١٠/٨ درصد بیان شده بود.

در شبکه‌های هم‌نویسندگی، تراکم کم شاید بر انفکاک شبکه دلالت داشته باشد؛ که به‌علت همکاری پژوهشگران با تعداد محدودی از همکاران یا تکرار همکاری با افراد یکسانی است. تفسیر اخیر از تراکم شبکه در وهلهٔ نخست به‌وسیلهٔ شاخص انفکاک شبکه نشان داده می‌شود. سیر نزولی شاخص انفکاک در شبکهٔ هم‌نویسندگی در این حوزه، از تنوع رابطهٔ علمی کشورها نشان دارد و بیانگر آن است که با گذشت زمان بر میزان و تنوع این همکاری افزوده شده است. در شبکهٔ هم‌نویسندگی حوزهٔ علوم و فناوری کشورهای جزو مؤلفهٔ اصلی که درصد زیادی از گره‌های شبکه را دربر دارد، نقش اصلی و هسته را در بهره‌وری پژوهشی بر عهده دارند. بیشترین تعداد از کشورهایی که پیوندهای به‌نسبت زیادی با دیگران دارند، اغلب در مرکز ثقل مؤلفهٔ اصلی شبکهٔ

هم‌نویسندگی قرار می‌گیرند و عمدهٔ این کشورها، کشورهای عضو باشگاه هسته‌ای از جمله ایالات متحدهٔ آمریکا، آلمان، روسیه، فرانسه، انگلستان، ایتالیا، هند، چین، ژاپن، سوییس و کانادا هستند.

سنجهٔ دوم مربوط به شبکه که نتایج مرتبط با پیوستگی یا گسستگی یک شبکهٔ هم‌نویسندگی را تأیید می‌کند، تعداد مؤلفه‌های شبکه است. کاهش تعداد مؤلفه‌ها در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورهای حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای از بازهٔ زمانی اول تا بازهٔ زمانی سوم مشاهده می‌شود، به‌طوری‌که تعداد مؤلفه‌های بازهٔ زمانی سوم حدود یک‌پنجم تعداد مؤلفه‌ها در بازهٔ اول است. بررسی مؤلفه‌های تشکیل‌دهندهٔ شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورهای حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای نشان می‌دهد که این شبکه نیز همانند بسیاری دیگر از شبکه‌های اجتماعی، در هر سه بازهٔ زمانی از یک مؤلفهٔ اصلی و تعداد زیادی مؤلفهٔ کوچک تشکیل شده است. وجود مؤلفه‌های کوچک در شبکه، اغلب به‌دلیل فاصلهٔ کشورهای دارای مرکزیت رتبهٔ پایین و کشورهای دارای مرکزیت رتبهٔ بالا به‌دلیل انزوای جغرافیایی[۴۰]، ژئوپلیتیکی[۴۱] و سیاسی ایجاد می‌شود. به‌عبارت دیگر، از آنجا که پژوهشگران بعضی از کشورها امکان هم‌نویسندگی با پژوهشگران کشورهای مطرح و پرتولید را پیدا نمی‌کنند، به مشارکت درون‌کشوری روی می‌آورند و به‌همین دلیل در شبکهٔ هم‌نویسندگی به مؤلفهٔ اصلی متصل نمی‌شوند. بررسی تحول مؤلفهٔ اصلی شبکه در طول زمان، از افزایش اندازهٔ مؤلفهٔ اصلی حکایت دارد (۹۷ درصد). این در حالی است که نیومن (۲۰۰۴) ضمن بررسی شبکه‌های هم‌نویسندگی در حیطه‌های پژوهشی مختلف بیان می‌کند که ۸۲ تا ۹۲ درصد از کل گره‌های تشکیل‌دهندهٔ این شبکه‌ها در مؤلفهٔ اصلی جای دارند. در پژوهش دیگری نیز کرشمر[۴۲] (۲۰۰۴) اعلام می‌کند که مؤلفهٔ اصلی اغلب حدود ۴۰ درصد از گره‌های موجود در شبکه را شامل می‌شود. به‌طور کلی می‌توان گفت که تحول مثبت مؤلفهٔ اصلی در طول زمان و همچنین اضافه شدن تعداد بسیاری از کشورهای جدید به این مؤلفه طی سال‌های اخیر، نشان‌دهندهٔ سلامت شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای است.

افزایش شاخص اتصال شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای، از افزایش میزان ارتباط بین کشورهای موجود در شبکه از طریق هم‌نویسندگی حکایت دارد. بررسی شاخص ضریب خوشه‌بندی شبکه نشان داد که گرایش کشورها به تشکیل خوشه‌های مختلف از طریق هم‌نویسندگی در بازه‌های زمانی گوناگون، به یکدیگر نزدیک است.

بررسی تمرکز شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها نشان می‌دهد که با گذشت زمان و رشد این شبکه، بر تمرکز شبکه افزوده شده است. این افزایش از افزایش اهمیت و اتکای شبکه به یک یا چند کشور کلیدی در شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها حکایت می‌کند. به‌عبارتی با گذشت زمان بر اهمیت کشورهای با مرکزیت رتبهٔ بالا افزوده شده است.

نتایج مربوط به بررسی میانگین طول مسیر شبکه نشان می‌دهد که میانگین کوتاه‌ترین مسیرهای موجود با گذشت زمان و اضافه شدن کشورهای جدید به شبکه، تغییر چشمگیری ندارد. به عقیدهٔ یی و همکاران (یی، لی و لاو، ۲۰۰۱) هرچند ورود گره‌های جدید به شبکه و اتصال آنها به مؤلفهٔ اصلی از طریق یک یا چند پیوند، اجتناب‌ناپذیر است، شبکه باید به‌دلیل آن هزینه‌ای مانند افزایش میانگین فاصله و قطر شبکه را متحمل شود که سبب کاهش انسجام و تراکم شبکه در طول زمان می‌شود. از این‌رو برای بهینه‌سازی هر چه بیشتر شبکه، قوی‌تر کردن ارتباطات میان گره‌های (کشورها) جدید و قدیم و کلیدی، امری ضروری است.

میانگین طول مسیر در شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای عدد ۱/۹ و کمتر از نظریهٔ شش درجه جدایی[۴۳] است؛ که عدد ۶ از محاسبات ریاضی به‌دست می‌آید. واتس[۴۴] (۲۰۰۴) استدلال می‌کند که به‌جای یک عدد دلخواه، عدد ۶ میانگین است (نقل در وانگ، ۲۰۱۴). اندازهٔ طول مسیر کوتاه موجب جریان اطلاعات سریع در شبکه می‌شود؛ زیرا برای به اشتراک گذاشتن و تبادل اطلاعات منابع کمتری (مانند تعداد کشورهای کمتر و زمان کمتر) صرف می‌شود. میانگین طول مسیر در شبکهٔ هم‌نویسندگی حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای کوتاه‌تر از حوزهٔ زیست‌شناسی با ۴/۶ گام است (نیومن، ۲۰۰۴)، علم‌سنجی ۵/۸ (عرفان‌منش، روحانی و ابریزاه[۴۵]، ۲۰۱۲)، فیزیک ۵/۹ و ریاضیات ۷/۶ گام (نیومن، ۲۰۰۴).

با توجه به موارد فوق می‌توان گفت که شبکهٔ هم‌نویسندگی کشورها در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای در هر سه بازهٔ زمانی، با دارا بودن ویژگی‌های میانگین طول مسیر کم، قطر شبکهٔ کم (مساوی یا کمتر از ۶) و ضریب خوشه‌بندی به‌نسبت زیاد، نوعی شبکهٔ «جهان کوچک»[۴۶] محسوب می‌شود. شبکهٔ جهان کوچک شبکه‌ای اجتماعی است که در آن اگرچه بیشتر گره‌ها به‌صورت مستقیم به هم متصل نیستند، از طریق زنجیره‌ای از روابط هم‌نویسندگی و با طی مسیر کوتاهی دسترس‌پذیرند (واتس و استروگاتز[۴۷]، ۱۹۹۸). به‌عبارت دیگر در شبکه‌های جهان کوچک با وجود گسترش شبکه و ورود گره‌های جدید، اتصال میان گره‌ها همچنان قوی است و فاصلهٔ میان آنها نیز کم باقی می‌ماند.

نتایج حاصل از بررسی سنجه‌های مرکزیت نشان داد که پراکندگی زیادی میان نمره‌های مرکزیت کشورها حاکم است. این یعنی کشورهایی که نمرهٔ مرکزیت رتبهٔ بیشتری دارند، از فرصت‌ها و جایگزین‌های بیشتری نسبت به سایر کشورها برخوردارند، چون گزینه‌های بیشتری برای انتخاب در اختیار دارند. این فرصت، آنها را مستقل می‌کند و سبب می‌شود که به نقش‌آفرینی خاص وابسته نباشند. به‌عبارت دیگر این کشورها دارای موقعیت برجسته‌ای در شبکه هستند و به‌دلیل اینکه گره‌های زیادی دارند، راه‌های بیشتری نیز برای دستیابی به نیازهای خود

خواهند داشت و در صورت قطع شدن رابطه با یک کشور، رابطهٔ خود را با سایر کشورها حفظ می‌کنند. به این ترتیب کشورهای دارای مرکزیت زیاد، حداکثر امکان دسترسی به کل منابع و اطلاعات منتشرشده در شبکه و توانایی فراخوانی حداکثر اطلاعات را از شبکه دارند.

به‌منظور کسب اطمینان از معرفی گره‌های دارای بیشترین نمرهٔ مرکزیت رتبه به‌عنوان گره‌های صاحب قدرت و نفوذ در شبکه، از سنجهٔ مرکزیت بتا استفاده شد. نتایج سنجهٔ مذکور نشان داد که کشورهای ایالات متحدهٔ آمریکا، آلمان، ژاپن، انگلستان، ایتالیا، فرانسه، کانادا، سوییس و اتحاد جماهیر شوروی/روسیه کشورهایی هستند که در هر سه بازهٔ زمانی بالاترین نمرهٔ سنجهٔ مرکزیت بتا را به خود اختصاص داده‌اند؛ بنابراین با توجه به رسالت سنجهٔ مرکزیت بتا، می‌توان با اطمینان نتیجه گرفت که این کشورها، کشورهای برتر صاحب قدرت و نفوذ در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی در حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای به‌شمار می‌روند.

رویکرد سنجهٔ مرکزیت نزدیکی بر فاصلهٔ یک گره با دیگر گره‌های موجود در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای تأکید دارد و تمرکز آن بر کوتاه‌ترین مسیر از هر گره به دیگر گره‌هاست. نتایج سنجهٔ مرکزیت نزدیکی نشان داد که هفت کشور ایالات متحدهٔ آمریکا، انگلستان، ایتالیا، آلمان، روسیه، ژاپن و فرانسه در هر سه بازهٔ زمانی، جزو ده کشوری هستند که بالاترین میزان سنجهٔ مرکزیت نزدیکی را دارا هستند. همچنین این نتایج نشان می‌دهند که شبکهٔ شکل‌گرفته میان پژوهشگران این کشورها از انسجام بیشتری برخوردار است. درنتیجه ارتباطات بیشتری بین آنها برقرار است و بالا بودن مرکزیت نزدیکی سبب شده است که امکان استفادهٔ حداکثری از دانش موجود در شبکه، برای پژوهشگران این کشورها فراهم باشد. نکتهٔ شایان توجه در مرکزیت نزدیکی کشورها این است که با گذشت زمان، به‌تدریج بر میانگین نمرهٔ مرکزیت نزدیکی شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورها افزوده می‌شود. این امر نشان می‌دهد که با گذشت زمان بر شانس کشورها برای ارتباط با یکدیگر افزوده و از فاصلهٔ بین کشورها کاسته شده است.

به‌طور کلی بررسی شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی کشورهای حوزهٔ علوم و فناوری هسته‌ای نشان داد که جایگاه کشورهای عضو باشگاه هسته‌ای در این شبکه، جایگاه برجسته‌ای است و میزان قدرت و نفوذ آنها در شبکه نسبت به سایر کشورها بسیار زیاد است. قدرت یا نفوذ در شبکه به‌عنوان شاخصی برای کنترل یک عامل بر دیگر عامل‌ها بوده و مفهومی است که بر اساس مقام، جایگاه و ارتباطات هر گره در درون شبکه، به‌دلیل محدودیت‌ها یا فرصت‌های به‌وجود آمده برای آن گره، افزایش یا کاهش می‌یابد. هر چه میزان محدودیت گره کمتر باشد، فرصت‌های او بیشتر می‌شود و در نتیجه به جایگاه مطلوب‌تری در شبکه دست می‌یابد و به‌عبارتی قدرتمندتر می‌شود که نشان از توانمندی آن است.

پی‌نوشت

1. Emirbayer
2. Intimacy
3. Marsden & Campbell
4. Liu
5. High-Tech
6. Macro-level
7. Micro-level
8. Density
9. Fragmentation
10. Clustering Coefficient
11. Components
12. Connectedness
13. Centralization
14. Diameter
15. Shortest Path (Geodesic Path)
16. Sociality
17. Clusters
18. Shortest Path (Geodesic Path)
19. Centrality
20. Degree
21. Closeness
22. Betweenness
23. Beta
24. Baker & Lancaster
25. Martin & Wellman
26. Albert, Jeong & Barabasi
27. Albert & Barabasi
28. Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)
29. Full Records
30. UCINET
31. Borgatti, Everett & Freeman
32. Bibexcel
33. Persson
34. Sociocentric
35. Garton

۳۶. جمهوری دموکراتیک آلمان که به‌طور غیررسمی «آلمان شرقی» نیز خوانده می‌شد، دولتی کمونیستی جزو بلوک شرق در طول جنگ سرد بود که از ۱۹۴۹ تا ۱۹۹۰ در منطقه‌ای از آلمان که تحت اشغال اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی بود، حکومت می‌کرد. این کشور در ۲۳ اوت ۱۹۹۱ به جمهوری فدرال آلمان پیوست و درنتیجه با اتحاد دوبارهٔ دو آلمان، جمهوری دموکراتیک آلمان ملغی شد. در این پژوهش تا قبل از تاریخ ۱۹۹۱ برای آلمان شرقی، از جمهوری دموکراتیک آلمان و از آن تاریخ به بعد، از نام کشور آلمان استفاده می‌شود.

۳۷. در این پژوهش در بعضی از آمارهای ارائه‌شده از کشور اتحاد جماهیر شوری و در بعضی از آمارهای ارائه‌شده از کشور روسیه نام برده می‌شود. ازآنجایی که اتحاد جماهیر شوروی به‌طور رسمی در ۲۵ دسامبر ۱۹۹۱ از هم پاشیده شد، در آمارهای ارائه‌شده در این پژوهش، قبل از سال ۱۹۹۱ از نام اتحاد جماهیر شوروی و بعدازاین تاریخ از نام کشور روسیه استفاده می‌شود.

38. Baker
39. Social Relationships
40. Geographical Isolation
41. Geopolitical Isolation
42. Kretschmer
43. Six degrees of separation
44. Watts
45. Erfanmanesh, Rohani and Abrizah
46. Small World Network
47. Watts & Strogatz

منابع

۱. پارسی ویکی (۱۳۸۶). *کتاب‌سنجی*. قابل‌دسترس در:
http://parsi.wiki/dehkhodaworddetail-9d13471127cf4eb89ecff431203ff902-fa.html.

۲. چلبی، مسعود (۱۳۷۳). *تحلیل شبکه در جامعه‌شناسی. علوم اجتماعی (دانشگاه علامه طباطبایی)*، ۵: ۴۹ - ۴۸.

۳. حریری، نجلا؛ نیکزاد، مهسا (۱۳۹۰). *شبکه‌های هم‌تألیفی در مقالات ایرانی رشته‌های کتابداری و اطلاع‌رسانی، روانشناسی، مدیریت، و اقتصاد در پایگاه آی. اس. آی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹*. فناوری اطلاعات. *پژوهشنامهٔ پردازش و مدیریت اطلاعات، شمارهٔ ۶۶، ۸۲۵ - ۸۴۴*. تاریخ دسترسی ۱۰ خرداد ۱۳۹۴. دسترس‌پذیر در: http://jist.irandoc.ac.ir

۴. حسن‌زاده، محمد؛ خدادوست، رضا؛ زندیان، فاطمه (۱۳۹۱). بررسی شاخص‌های هم‌نویسندگی، مرکزیت و چاله‌های ساختاری پژوهشگران نانوفناوری ایران نمایه‌شده در نمایهٔ استنادی علوم (۱۹۹۱ - ۲۰۱۱). *پژوهشنامهٔ پردازش و مدیریت اطلاعات*، ۲۸(۱): ۲۲۳ - ۲۵۰.

۵. سپهری، محمد مهدی؛ ریاحی، آسیه (۱۳۸۹). کاربست تحلیل شبکهٔ اجتماعی برای استخراج نیازهای سیستم مدیریت دانش در سازمان‌های دانش‌بنیان. *سیاست علم و فناوری*، ۳(۲)؛ ۸۱ - ۹۳.

۶. 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*. پایان‌نامهٔ دکتری، گروه کتابداری، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی دانشگاه شهید چمران اهواز.

۷. عرفان‌منش، محمد امین؛ بصیریان جهرمی، رضا (۱۳۹۲). شبکهٔ هم‌نویسندگی مقالات منتشرشده در فصلنامهٔ مطالعات ملی کتابداری و سازمان‌دهی اطلاعات با استفاده از شاخص‌های تحلیل شبکه‌های اجتماعی. *فصلنامهٔ مطالعات ملی کتابداری و سازماندهی اطلاعات*. (۲): ۷۶ - ۹۶.

۸. ویکی‌پدیا (۲۰۱۵). *کشورهای پساشوروی*. قابل‌دسترس در:

9. https://fa.wikipedia.org/wiki/%DA%A9%D8%B4%D9%88%D8%B1%D9%87%D8%A7%DB%8C_%D9%BE%D8%B3%D8%A7%D8%B4%D9%88%D8%B1%D9%88%DB%8C

10. Albert, R; Barabasi, A. L. (2002). Statistical mechanics of complex networks. *Review of Modern Physics*, 74(1): 47-97. http://dx.doi.org/10.1103/RevModPhys.74.47.
11. Albert, R.; Jeong, H; Barabasi, A. (1999). Internet: The diameter of the World Wide Web. *Nature*, 401: 130-131. doi: 10.1038/43601.
12. Baker, W. E. (2000). *Social Capital*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
13. Baker, S. L.; Lancaster, F. W. (1991). Measurement and evaluation of library services. Information Resources Press, Washington, DC, USA.
14. Borgatti, S. P. E.; Everett, M. G.; Freeman, L. C. (2002*). UCINET for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.
15. Brandes U.; Erlebach Th. (2005). *Network analysis- Methodological foundations*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
16. Emirbayer, M. (1997). Manifesto for a Relational Sociology. *The American Journal of Sociology*, 103(2): 281-317. doi: 10.1086/231209.
17. Erfanmanesh, M.; Rohani, V. A.; Abrizah, A. (2012). Co-authorship network of scientometrics research collaboration. *Malaysian Journal of Library & Information Science*. 17(3): 73-93.
18. Garton, L.; Haythornthwaite, C. A.; Wellman, B. (1997). Studying Online Social Networks. *Journal of Computer Mediated Communication*, *3*(1): 65-74. doi:10.1111/j.1083-6101.1997.tb00062.x
19. Kretschmer, H. (2004). Author productivity and geodesic distance in bibliographic co-authorship networks, and visibility on the Web, *Scientometrics*, 60 (3): 409–420. doi: 10.1023/B:SCIE.0000034383.86665.22.
20. Liu, X.; Bollen, J.; Nelson, M. L.; Van de Sompel, H. (2005). Co-authorship networks in the digital library research community. *Information Processing and Management*, 41(6): 1462–1480. doi: 10.1016/j.ipm.2005.03.012.
21. Marin, A.; Wellman, B. (2011). *Social network analysis: An introduction*. In J. Scott & P. J. Carrington (Eds.), The Sage handbook of social network analysis (pp. 11-25). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications Inc.
22. Marsden, P. V.; Campbell, K. E. (1984). Measuring tie strength. *Social Forces*, 63(2): 482-501. doi: 10.2307/2579058.
23. Newman, M. E. J. (2004). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *PNAS*, 101(Suppl_1): 5200–5205. Available at: http://www.pnas.org/content/101/suppl _1/5200.full.pdf. (11 Nov 2015).
24. Persson, O. (2008). *Bibexcel. A tool-box programme for bibliometric analysis*.
25. Wang, T. et al. (2014). Collaborations patterns and productivity analysis for IEEE T-ITS between 2010 and 2013. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 15 (16): 2360-2367. doi: 10.1109/TITS.2014.2365557.
26. Watts, D. J. (2003). Small Worlds: *The Dynamics of Networks between Order and Randomness*, Princeton University Press.
27. Watts, D. J.; Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393: 440-442. doi:10.1038/30918.