

بررسی شبکه تألیف‌های مشترک ریاضی‌دانان ایرانی

هادی صفری*

چکیده:

نوشته‌های علمی منحصر نمی‌شوند. همکاری‌های نویسندگان در تألیف مقالات علمی که تحت عنوان تألیف مشترک^۲ شناخته می‌شود یکی از مسائلی است که در قرن اخیر توجه پژوهشگران این حوزه را به خود جلب کرده است.

شبکه متشکل از روابط تألیف مشترک میان نویسندگان نقطه آغاز پژوهش‌های بعدی است. این شبکه‌ها با روش‌های رایج در تحلیل شبکه‌های اجتماعی و ابزارهای ریاضیاتی نظریه گراف تحلیل می‌شوند و از نتایج این تحلیل‌ها می‌توان در سیاست‌گذاری علم و فناوری و ارزیابی محققان و مؤسسات و برنامه‌های پژوهشی استفاده کرد [۲۵]. تعداد چنین تحقیقاتی در ایران اندک است که لزوم توجه بیشتر به این حوزه را نشان می‌دهد [۱۷].

پایگاه اینترنتی مت‌ساینت^۳ متعلق به انجمن ریاضی آمریکا که از سال ۱۹۴۰ فعالیت خود را آغاز کرده است در بین ریاضی‌دانان به عنوان یک پایگاه مرجع شناخته می‌شود [۱۶]. این پایگاه علاوه بر نمایه‌سازی و رده‌بندی نوشته‌های علمی حوزه علوم ریاضی، خدماتی مانند محاسبه شاخص ضریب تأثیر MCQ^۴ را نیز ارائه می‌دهد که یک شاخص ضریب تأثیر براساس استنادات در مجلات حوزه علوم ریاضی است [۲۹، ۱۶]. در اثر حاضر این پایگاه به عنوان مرجع مقالات علوم ریاضی نویسندگان ایرانی در نظر گرفته شده است و براساس آن روابط تألیف‌های مشترک نویسندگان بررسی می‌شود.

۲ پیشینه پژوهش

تحلیل و بررسی روابط تألیف‌های مشترک توجه تعدادی از محققین علم‌سنجی و کتاب‌سنجی را به خود جلب کرده بود؛ اما در عمل اجرای چنین پژوهش‌هایی قبل از سال ۲۰۰۰ و پیدایش کتاب‌شناسی‌های الکترونیک جدید ممکن نشد [۱۱].

نیومن در [۱۱] به بررسی و مقایسه خواص شبکه‌های تألیف‌های مشترک مقالات پایگاه تحقیقات بیوپزشکی مدلین^۵، بایگانی انتشار الکترونیکی فیزیک دانشگاه کرنل^۶ و پایگاه داده‌های مجله متمتیکال ریویوز^۷ پرداخت. مطابق مشاهدات او، بزرگ‌ترین مؤلفه همبندی این شبکه‌ها بین ۸۲ تا ۹۲ درصد نویسندگان را در بر گرفته است که کمترین مقدار متعلق به متمتیکال ریویوز بوده است. در متمتیکال ریویوز هر نویسنده به‌طور میانگین ۶/۹ مقاله و ۳/۹ همکار داشته

بررسی شبکه تألیف‌های مشترک مقالات علمی روشی برای سنجش و تحلیل همکاری‌های علمی میان پژوهشگران است. در این مقاله، شبکه تألیف‌های مشترک ریاضی‌دانان ایرانی براساس اطلاعات پایگاه مت‌ساینت تحلیل شده است؛ همچنین، علاوه بر مطالعه الگوهای تألیف مشترک و موضوعات مورد علاقه این ریاضی‌دانان در طول زمان، خوشه‌های همکاری‌های علمی آن‌ها و مؤثرترین ریاضی‌دانان ایرانی در همکاری‌های علمی معرفی شده است. به نظر می‌رسد خوشه‌های اصلی روابط همکاری ریاضی‌دانان ایرانی بیشتر حول موضوعات تحقیقاتی مشترک - و نه مؤسسات پژوهشی مشترک - شکل گرفته است. همکاری‌های بین‌المللی ریاضی‌دانان ایرانی نیز قابل توجه است.

۱ مقدمه

مقالات علمی نقشی مؤثر در ثبت و انتقال دانش داشته‌اند. یکی از روش‌های مرسوم انتشار مقالات علمی انتشار در مجلات ادواری است. اولین مجله علمی ادواری منتشرشده در جهان را «Philosophical Transactions of the Royal Society» می‌دانند که اولین بار در سال ۱۶۶۶ منتشر شده است [۱۰]؛ با این حساب انتشار مجلات علمی قدمتی بیش از ۳۵۰ سال دارد. انتشار یافته‌ها، به‌خصوص در مجلات علمی، ارتباط علمی را ممکن می‌سازد که از پیش شرط‌های پیشرفت دانش و نیز از مهم‌ترین ارکان نهاد اجتماعی علم است [۲۱].

مؤلفین در نگارش مقالات علمی با یکدیگر همکاری می‌کنند. این همکاری اشتراک منابع، تجربیات و امکانات را بین آن‌ها امکان‌پذیر می‌سازد و پژوهش‌های میان‌رشته‌ای را نیز تسهیل می‌کند [۲۴]. تألیف مشترک در سال‌های اخیر در سطح جهانی رواج یافته است [۱۸]. برخی پدیده‌های اجتماعی مانند تخصص‌گرایی و جهانی‌شدن نیز در سال‌های اخیر باعث گسترش تألیفات مشترک شده است [۲۸].

بررسی، سنجش، و تحلیل نتایج منتشرشده پژوهش‌های علمی موضوع شاخه‌ای از دانش به نام علم‌سنجی^۱ است. این تحقیقات بسیاری از مواقع بر مقالات علمی متمرکز بوده‌اند، اما به این نوع از

^۱scientometrics ^۲coauthorship ^۳MathSciNet ^۴Mathematical Citation Quotient (MCQ) ^۵Medline ^۶Physics E-print Archive at Cornell University ^۷Mathematical Reviews

پژوهش‌های علم‌سنجی خاص در حوزه ریاضیات چه در دنیا و چه در ایران وجود داشته است. کوروار [۸] ضمن یک بررسی انتقادی، نتایج بررسی‌های کتاب‌شناختی مقالات را با نظرات خبرگان حوزه علوم ریاضی همسو ارزیابی کرده است. اثر بهرنس و لوکش [۲] یک بررسی سطح‌بالای جهانی با برخی روش‌های رایج در علم‌سنجی است. ژو و همکاران در [۱۳] پژوهشگران چینی و کومار و پل در [۹]، پژوهشگران هندی را بررسی کرده‌اند.

شایوسی و امینی در [۱۲] گراف تألیف‌های مشترک ۲۷۶ ریاضی‌دان ایرانی را در ۶ حوزه علمی بررسی کرده‌اند. آن‌ها معتقدند گراف محققین حوزه‌های تحقیق در عملیات و ترکیبیات میانگین درجات بالاتر و گراف محققین جبر جابه‌جایی قطر طولانی‌تری دارد. آن‌ها همچنین ابزارهای گرافی پیشرفته‌تری مانند عدد رنگی و عدد استقلال را برای تحلیل شبکه‌های تألیف‌های مشترک مورد استفاده قرار داده‌اند. با توجه به روش‌شناسی متفاوت و نمونه بسیار محدودتر، مقایسه مستقیم نتایج آن‌ها با اثر حاضر امکان‌پذیر نیست.

گودرزی و همکاران در [۲۹] برترین مقالات و محققین ریاضی ایران را بر اساس شاخص استنادی MCQ و با استفاده از مقالات ثبت‌شده در پایگاه مت‌ساینت در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ بررسی کرده‌اند. اثر حاضر از روابط تألیف‌های مشترک برای بررسی پژوهشگران استفاده می‌کند و بازه زمانی گسترده‌تری را در بر می‌گیرد.

۳ روش‌شناسی پژوهش

۳-۱ جمع‌آوری داده‌ها

پایگاه مت‌ساینت^{۱۱} وابسته به انجمن ریاضی آمریکا در جامعه ریاضی‌دانان اهمیتی بالا و مرجعیتی نسبی دارد [۱۶]؛ بنابراین در پژوهش حاضر تمام مقالات نمایه شده در این پایگاه که حداقل یکی از نویسندگان آن‌ها وابسته به مؤسسه‌ای در ایران بود جمع‌آوری و بررسی شد. برای جمع‌آوری چنین مقالاتی، همانند روش مورد استفاده در [۲۹]، از کلمه جستجوی Institution=Iran استفاده شد. شکل ۱ اولین صفحه نتایج این جستجو را نشان می‌دهد. سپس با یک خزنده^{۱۲} زبان پایتون، اطلاعات تمامی مقالات جمع‌آوری گردید. اطلاعات همه مقالاتی که مشمول کلمه جستجوی مذکور می‌شدند و تا پایان نیمه اول سال ۲۰۲۱ در یکی از انواع شش‌گانه اقلام پایگاه مت‌ساینت نمایه شده بودند در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت.

وابستگی سازمانی محققین بر اساس آخرین مقاله نمایه‌شده آن‌ها

است. میانگین تعداد نویسندگان هر مقاله نیز ۱/۴۵ بوده است. در شبکه تألیف‌های مشترک فاصله میانگین گره‌ها ۷/۶ و طولانی‌ترین فاصله میان دو گره ۲۷ بوده است. توزیع تعداد مقالات علمی دانشمندان نیز توزیعی دم‌کلفت^۸ داشته است.

هنریکسن در [۶] با بررسی روابط هم‌تألیفی پایگاه وب آو ساینس^۹ به این نتیجه رسیده است که تألیف مشترک در طول زمان افزایش یافته است، اما تمایل به تألیف‌های مشترک در حوزه‌های علمی آزمایشگاهی و عملی بیشتر از حوزه‌های مجرد است. این گزاره با مشاهدات نیومن [۱۱] نیز سازگار است. گلانزل و شوبرت نیز در [۴] معتقدند هر رشته یک حد آستانه خاص برای تعداد نویسندگان همکار دارد که در آن بهره‌وری بیشینه می‌شود.

پژوهش‌های فارسی یا مرتبط با ایران بسیار کمتر بوده‌اند [۱۷]. برخی پژوهش‌ها مانند پژوهش حریرچی و دیگران [۵] به تألیفات مشترک بین‌المللی دانشمندان ایرانی پرداخته‌اند. برخی مانند تحقیق فرهنگی و دیگران [۲۷] معطوف به یک حوزه خاص و محدوده علمی یا مانند اثر اسدی و ثقفی [۱۴] متمرکز بر مجموعه‌ای از حوزه‌های علمی بوده‌اند. پژوهش‌هایی مانند اثر سهیلی و عصاره [۲۴] به یک یا چند مجله خاص محدود بوده‌اند. تحقیقاتی مانند مقاله اسدی و دیگران [۱۵] نیز به پژوهشگران یک دانشگاه خاص پرداخته‌اند.

رضائی‌نور و دیگران در [۱۹] شبکه تألیف‌های مشترک نویسندگان ایرانی حوزه فناوری اطلاعات را بررسی کرده‌اند. بسیاری از رابطه‌های تألیف مشترک در این شبکه از نوع استاد-دانشجو بوده است و تألیف‌های مشترک درون دانشگاهی ۶۸ درصد کل روابط را تشکیل می‌داده‌اند.

مشاهدات اسدی و ثقفی [۱۴] درباره تألیف‌های مشترک ایرانیان در حوزه فنی و مهندسی نشان می‌دهد بیشتر تألیف‌های مشترک داخلی بوده‌اند و رایج‌ترین نوع تألیف مشترک نیز در مقالاتی با دو نویسنده بوده است.

روشنی و دیگران در [۲۰] شبکه تألیف‌های مشترک پژوهشگران ایرانی حوزه سیاستگذاری علم و فناوری را بررسی کرده‌اند. در این شبکه هر مقاله به طور میانگین ۲/۶۶ نویسنده داشته است؛ اما بزرگ‌ترین مؤلفه همبندی فقط ۱۳ درصد نویسندگان را در بر می‌گرفته است. این مشاهده را می‌توان با جوان بودن شبکه مذکور توجیه کرد.

در پژوهش‌هایی دیگر، ستارزاده و دیگران [۲۳] حوزه علوم پایه پزشکی، ضیائی [۲۶] حوزه زمین‌گردشگری^{۱۰} و زنگیشه و دیگران [۲۲] حوزه اسلام و علوم قرآنی را بررسی کرده‌اند.

^۸fat-tailed distribution ^۹Web of Science ^{۱۰}geotourism ^{۱۱}<https://mathscinet.ams.org/mathscinet> ^{۱۲}crawler

تعیین کننده در نظر گرفته شد. برای نویسندگانی که هیچ یک از نوشته‌های آن‌ها رده‌بندی نشده بود حوزه مطالعاتی اصلی در نظر گرفته نشد.

شکل ۲: اولین صفحه نتایج در پایگاه مت‌سای نت

۴-۳ شبکه تألیف‌های مشترک نویسندگان

بر مبنای آنچه در بالا گفتیم شبکه تألیف‌های مشترک نویسندگان تشکیل گردید. برای هر نویسنده یک رأس در نظر گرفته شد. در صورتی که دو نویسنده تألیف مشترکی داشتند، میان رأس‌های متناظر آن دو نویسنده یک یال وزن دار بدون جهت رسم شد. وزن یال‌ها برابر تعداد تألیفات مشترک نویسندگان متناظر رأس‌های دو سر یال بود.

پس از تشکیل شبکه و محاسبه برخی ویژگی‌های ساختاری آن، از سنج‌های مرکزیت^{۱۴} درجه^{۱۵}، بینابینی^{۱۶} و رتبه صفحه^{۱۷} برای

با وابستگی سازمانی ایرانی محاسبه شد. همه واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی و همه واحدهای دانشگاه پیام نور به عنوان یک مؤسسه علمی در نظر گرفته شدند.

داده‌های سال ۲۰۲۱ به دلیل کامل نبودن داده‌ها از تمامی نمودارهای زمانی کنار گذاشته شد. همچنین، ریاضی دانان خارجی‌ای که با ریاضی دانان ایرانی زیادی همکاری مشترک داشته‌اند از تمامی فهرست‌های پرکارترین ریاضی دانان ایرانی کنار گذاشته شدند.

۲-۳ تحلیل داده‌ها

محاسبات، تحلیل و مصورسازی‌ها با استفاده از ابزارهای زبان پایتون و ابزار گفّی انجام شد [۱]. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده برخی تحلیل‌های آماری اولیه مانند میانگین تعداد نویسندگان هر مقاله، میانگین تعداد مقالات هر نویسنده و روند تغییر تعداد نویسندگان مقالات در طول زمان انجام شد.

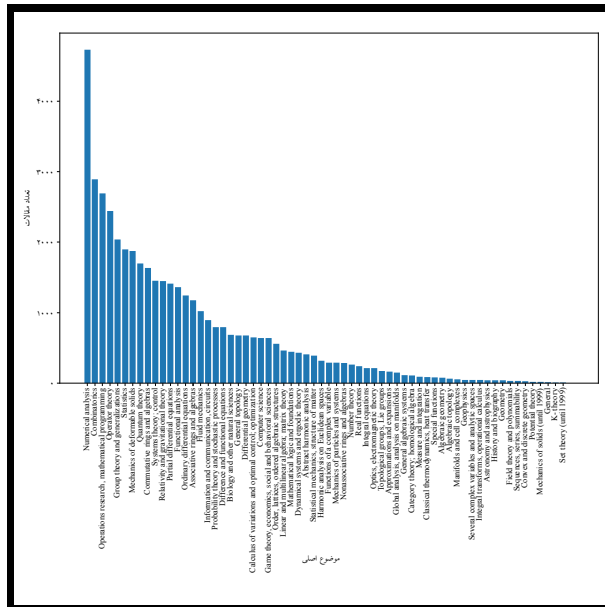
شکل ۱: Institution=(Iran) در پایگاه مت‌سای نت

۳-۳ حوزه مطالعاتی اصلی هر نویسنده

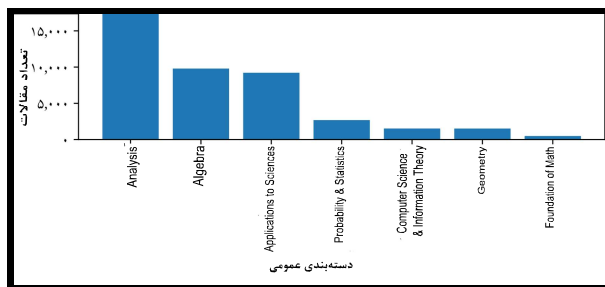
به هر نویسنده بر اساس رده‌بندی موضوعی مقالاتش یک حوزه مطالعاتی اصلی اختصاص داده شد. برای محاسبه این ویژگی، اولین سطح از رده موضوعی اصلی هر مقاله مطابق رده‌بندی مت‌سای نت^{۱۳} انتخاب شد؛ به این ترتیب، موضوع هر مقاله با یک کد دو رقمی مشخص گردید. در مرحله بعد، پربسامدترین رده موضوعی مقالات هر نویسنده به عنوان حوزه مطالعاتی اصلی آن نویسنده در نظر گرفته شد. در شرایطی که چند رده موضوعی در بین مقالات یک نویسنده بسامد یکسانی داشتند، زمان انتشار آخرین مقاله نویسنده در هر موضوع مطابق مندرجات مت‌سای نت از جدید به قدیم به عنوان عامل

¹³<https://mathscinet.ams.org/msnhtml/msc2020.pdf> ¹⁴centrality measures ¹⁵degree ¹⁶betweenness ¹⁷PageRank

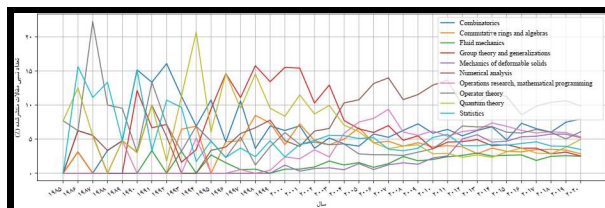
سطح بالاتر غیررسمی^{۱۹} در شکل ۵ نمایش داده شده است.



شکل ۴: موضوع اصلی مقالات



شکل ۵: دسته‌بندی سطح بالاتر موضوع اصلی مقالات



شکل ۶: موضوع اصلی مقالات در گذر زمان (ده موضوع پر بسامد)

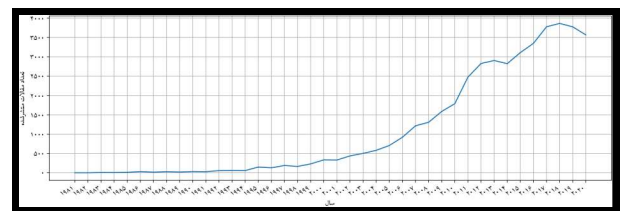
شکل ۶ پر بسامدترین موضوعات سالیانه را در بین موضوعات اصلی مقالات ریاضی دانان ایرانی نشان می‌دهد.

موضوعات سال‌های اولیه به دلیل تعداد کم مقالات نوسان زیادی دارد. از اواسط دهه ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۳ نظریه گروه‌ها و تعمیم آن‌ها و نیز نظریه کوانتوم پر طرفدارترین موضوعات میان ریاضی دانان ایرانی^{۱۸} در صفحه نتایج، تعداد نوشته‌ها ۴۴۷۷۲ اعلام شده است؛ اما مجموع تعداد نوشته‌های علمی ذکر شده برای سال‌های مختلف برابر ۴۴۷۷۱ می‌شود.

تشخیص اهمیت هر نویسنده در شبکه تألیف‌های مشترک استفاده شد. جزئیات روش‌های ریاضیاتی مورد استفاده در [۲۵] ذکر شده است و به دلیل رعایت اختصار، از تکرار آن‌ها در اینجا چشم‌پوشی می‌کنیم. برای چیش گره‌ها در مصورسازی شبکه‌ها نیز از الگوریتم فورس اطلس ۲ استفاده شد [۷].

۴ یافته‌ها

در مجموع اطلاعات ۱۸۴۴۷۷۱ مقاله علمی از سال ۱۹۸۱ تا پایان نیمه اول سال ۲۰۲۱ جمع‌آوری شد. همان‌طور که در شکل ۳ مشخص است، تعداد سالیانه مقالات در گذر زمان رشدی تقریباً نمایی داشته است. تعداد مقالات در سال ۲۰۱۴ اندکی از روند عادی کمتر است. تعداد مقالات دو سال اخیر (۲۰۱۹ و ۲۰۲۰) نیز کاهش یافته است که بخشی از این مسأله ناشی از کامل نبودن داده‌ها و ثبت نشدن کامل مقالات این سال‌ها در زمان جمع‌آوری داده‌ها است. ممکن است همه‌گیری ویروس کرونا در این دو سال و مجازی شدن فرایند آموزش و پژوهش دانشگاه‌ها نیز باعث کاهش بازدهی علمی محققین شده باشد. مقالات سال ۲۰۲۱ به دلیل کامل نبودن داده‌ها در نمودارهای زمانی نشان داده نشده است.



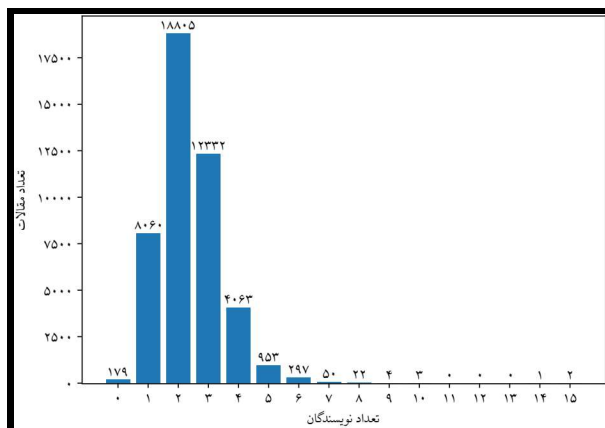
شکل ۳: تعداد مقالات در گذر زمان

شکل ۴ بسامد موضوعات مختلف را در بین موضوع اصلی مقالات نشان می‌دهد.

آنالیز عددی، ترکیبیات، تحقیق در عملیات و برنامه‌ریزی ریاضی، نظریه عملگرها، و نظریه گروه‌ها و تعمیم آن‌ها پر بسامدترین موضوعات اصلی مقالات ریاضی دانان ایرانی بوده است. برای ارائه‌ی نمایی کلی از وضعیت مقالات حوزه‌های مختلف، یک دسته‌بندی

^{۱۸} در صفحه نتایج، تعداد نوشته‌ها ۴۴۷۷۲ اعلام شده است؛ اما مجموع تعداد نوشته‌های علمی ذکر شده برای سال‌های مختلف برابر ۴۴۷۷۱ می‌شود.
^{۱۹} بر اساس <https://math-atlas.org/index/beginners.html>

به نظر می‌رسد تعداد مقالات نویسندگان را نمی‌توان با توزیع قانون لوتکا^{۲۰} به خوبی مدل‌سازی کرد. بهترین توزیع یافت‌شده برای توصیف تعداد نویسندگانی با تعداد مقالات مشخص (X تعداد مقالات هر نویسنده و Y تعداد نویسندگان دارای X مقاله) با استفاده از قانون لوتکا با رابطه $Y = 11071751419 * X^{-1/840353}$ قابل مدل‌سازی است که در آزمون کولموگروف-اسمیرنوف با بازه اطمینان ۹۵ درصد شکست می‌خورد. بیشتر مقالات دو نویسنده دارند. مقالاتی با سه نویسنده و مقالات تک‌نویسنده‌ای به ترتیب در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. شکل ۷ توزیع مقالات را بر اساس تعداد نویسندگان آن‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۷: تعداد نویسندگان مقالات

شکل ۸ سهم الگوهای عددی تألیف مشترک را در گذر زمان نشان می‌دهد. در سال‌های اخیر تألیف مشترک در گروه‌هایی با بیش از دو عضو رایج‌تر شده است. از سال ۱۹۹۶ تألیف مشترک مقالاتی با دو نویسنده به الگوی رایج تألیف مقالات ریاضی‌دانان ایرانی تبدیل شده است که نشانگر قدمت تألیف مشترک در بین این گروه از پژوهشگران است. تعداد مقالات تک‌نویسنده‌ای از سال ۲۰۰۴ با کاهشی قابل‌توجهی روبه‌رو بوده است و در سال ۲۰۰۷ تعداد مقالات دارای سه نویسنده از تعداد مقالات تک‌نویسنده‌ای پیشی گرفته است. در حال حاضر و با وجود رشد مقالاتی که حاصل همکاری سه نویسنده یا بیشتر هستند، الگوی رایج نگارش مقالات همچنان تألیف مشترک دو نویسنده است.

بوده است. پس از سال ۲۰۰۳ آنالیز عددی به پرطرفدارترین موضوع تبدیل می‌شود.

ممکن است دلیل رشد ناگهانی محبوبیت حوزه تحقیقاتی آنالیز عددی رواج بیشتر کامپیوترها و نیاز به روش‌های محاسباتی در حوزه‌های مهندسی، یا فارغ‌التحصیل و جذب شدن تعداد زیادی متخصص این حوزه باشد. بررسی دقیق‌تر علت این مسئله نیازمند تحقیقات میدانی، مصاحبه و بررسی بیشتر مقالات و سوابق پژوهشی است. محبوب‌ترین زیر شاخه‌های آنالیز عددی در تحقیقات ریاضی‌دانان ایرانی، استفاده از روش‌های طیفی، هم‌مکانی و سایر روش‌های مرتبط برای حل معادلات انتگرالی (زیر شاخه 65R20) با ۷۴۲ مقاله و حل مسائل معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی با مقدار اولیه و شرایط مرزی وابسته به زمان (زیر شاخه 65M70) با ۴۸۲ مقاله و روش‌های اجزای محدود، ریلی-ریتز، گلرکین و روش‌های هم‌مکانی برای حل معادلات دیفرانسیل عادی (زیر شاخه 65L60) با ۲۹۷ مقاله است. تعداد فراوان رده‌های فرعی حوزه آنالیز عددی و نزدیکی فراوان این حوزه به بسیاری از رده‌های دیگر علوم ریاضی از جمله عوامل احتمالی تعداد فراوان مقالات این حوزه است. در بین مقالات ریاضی‌دانان ایرانی، آنالیز عددی بیش از همه همراه با معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی، معادلات انتگرالی، معادلات دیفرانسیل عادی و مکانیک سیالات استفاده شده است.

سیاست‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در الزام استادان به نگارش مقالات و تأکید بر نگارش مقالات بین‌المللی با هدف بهبود جایگاه کشور از نظر معیارهای رشد علمی نیز از دیگر عواملی است که ممکن است باعث افزایش تعداد مقالات در همه شاخه‌های ریاضی شده باشد. شایوسی و امینی معتقدند آنالیز عددی در بین حوزه‌های علمی علوم ریاضی رایج در ایران بزرگ‌ترین عدد استقلال و بیشترین تنوع زمینه‌های پژوهشی را دارد [۱۲]. آنالیز عددی در مقیاس جهانی و در کشورهای دیگر جزء موضوعات پرطرفدار بوده است اما معمولاً محبوب‌ترین موضوع نیست [۳].

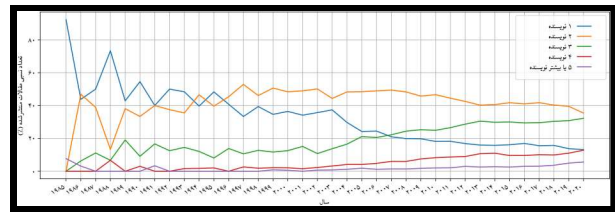
به‌طور میانگین، هر مقاله ۲/۳۷ نویسنده دارد و هر نویسنده ۴/۱۸ مقاله تألیف کرده است. میانگین تعداد نویسندگان مقالات اندکی بیش از مشاهده نیومن در [۱۱] درباره متمتیکال ریویوز است. با گذشت بیش از پانزده سال از مقاله نیومن و با توجه به روند صعودی تعداد سالیانه مقالات و رایج‌تر شدن تألیف مشترک، چنین اتفاقی دور از انتظار نبود. تعداد مقالات هر نویسنده نیز حدود سه مقاله کمتر از مشاهده نیومن در [۱۱] درباره متمتیکال ریویوز است که ممکن است نتیجه ورود تعداد زیادی محقق تازه‌کار به جرگه پژوهشگران باشد.

²⁰Lotka's law

تعداد مقالات با ۵۶۶ مقاله به یک عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر اختصاص دارد. دو عضو هیئت علمی دانشگاه یزد و دانشگاه سمنان، به ترتیب با ۵۰۱ و ۳۲۶ مقاله، در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. **شکل ۱۰** وابستگی سازمانی این افراد و حوزه مطالعاتی اصلی آن‌ها را نشان می‌دهد. دانشگاه‌های آزاد اسلامی، صنعتی امیرکبیر و فردوسی مشهد بیشترین تعداد محققین پرکار وابسته را دارند. ذکر این نکته لازم است که همه شعبه‌های دانشگاه آزاد اسلامی یک مؤسسه پژوهشی یکتا در نظر گرفته شده است. همچنین، آنالیز عددی حوزه تحقیقاتی اصلی بیشترین تعداد ریاضی‌دانان پرکار ایرانی است. پژوهش‌های گودرزی و دیگران نیز تفاوت جایگاه دانشگاه‌های مختلف در حوزه‌های مختلف را نشان می‌دهد است [۲۹].

جدول ۱ پرکارترین ریاضی‌دانان ایرانی را براساس سنجش‌های مرکزیت درجه (بدون وزن)، رتبه صفحه و بینایی در شبکه تألیفات مشترک در بر دارد. مرکزیت درجه تعداد همکاران هر ریاضی‌دان را نشان می‌دهد. مرکزیت رتبه صفحه همکاری با سایر ریاضی‌دانان مهم را نیز در محاسبات وارد می‌کند. مرکزیت بینایی موقعیت راهبردی هر ریاضی‌دان را در شبکه و نقش او را در مرتبط کردن گروه‌های مختلف ریاضی‌دانان نشان می‌دهد. بیشترین مرکزیت درجه و رتبه صفحه متعلق به دانشگاه یزد و بیشترین مرکزیت بینایی متعلق به دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ع) قزوین است. محققینی از حوزه‌های نظریه گروه‌ها و تعمیم آن‌ها، ترکیبیات، آنالیز تابعی، مکانیک سیالات، تفاضل محدود و معادلات تابعی، آنالیز عددی، تحقیق در عملیات و برنامه‌ریزی ریاضی، سیستم‌های دینامیکی و نظریه ارگودیک، نظریه عملگرها و نظریه کوانتوم در بین پرکارترین نویسندگان با معیارهای مرکزی مختلف قرار دارند.

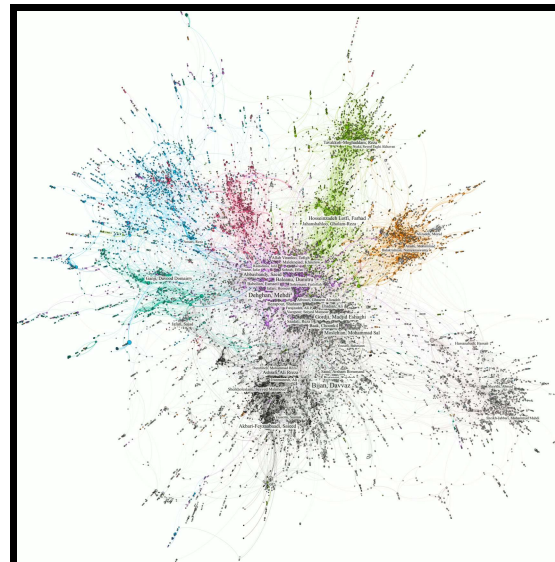
با توجه به خوشه‌های مختلف شبکه تألیف‌های مشترک (**شکل ۹**) و افراد در این شبکه به نظر می‌رسد شبکه‌های همکاری ریاضی‌دانان ایرانی نه براساس وابستگی سازمانی، بلکه براساس حوزه پژوهشی شکل گرفته است. آنالیز عددی (خوشه صورتی مرکز شبکه)، تحقیق در عملیات و برنامه‌ریزی ریاضی (دو خوشه به رنگ سبز روشن در بالای شبکه)، مکانیک جامدات تغییرشکل‌پذیر (گروه‌های آبی روشن در بالا - چپ شبکه)، ترکیبیات (خوشه سیاه پایین شبکه)، آمار (خوشه نارنجی در بالا - راست شبکه)، نظریه سیستم‌ها و کنترل (خوشه قرمز در بالا - چپ شبکه) و مکانیک سیالات (خوشه سبز تیره در سمت چپ شبکه) برخی از بزرگ‌ترین این خوشه‌ها هستند. در مرکز شبکه خوشه‌ای دیگر شامل چند ریاضی‌دان پرکار در حوزه‌های نزدیک به هم تفاضل محدود و معادلات تابعی، آنالیز تابعی و غیره، به رنگ خاکستری دیده می‌شود.



شکل ۸: تعداد نویسندگان مقالات در گذر زمان

شبکه تألیف‌های مشترک ریاضی‌دانان ایرانی ۲۵۳۵۸ رأس (نویسنده) و ۵۵۴۶۰ یال وزن دار بدون جهت دارد. هر نویسنده به‌طور میانگین ۴/۳۷ همکار دارد. میانگین فاصله رأس‌های درون یک مؤلفه همبندی در گراف برابر ۶/۷۶ و بیشترین فاصله دو گره درون یک مؤلفه همبندی (قطر گراف) برابر ۱۸ است. این اعداد اندکی از مشاهدات نیومن در [۱۱] درباره متمتیکال ریویوز متفاوت‌اند و شبکه‌ای متراکم‌تر را نشان می‌دهد (میانگین درجات بیشتر و فواصل کوتاه‌تر) که با توجه به محدودتر بودن شبکه مورد بررسی و بالغ‌تر بودن آن دور از انتظار نبوده است.

بزرگ‌ترین مؤلفه همبندی شبکه مذکور ۲۱۷۳۰ رأس و ۵۱۶۳۵ یال دارد که ۸۵/۶۹ درصد رأس‌ها (نویسندگان) و ۹۳/۱۰ درصد یال‌های شبکه را در بر می‌گیرد. نسبت نویسندگانی که در بزرگ‌ترین مؤلفه همبندی قرار می‌گیرند به مشاهده نیومن در [۱۱] درباره متمتیکال ریویوز بسیار نزدیک است.

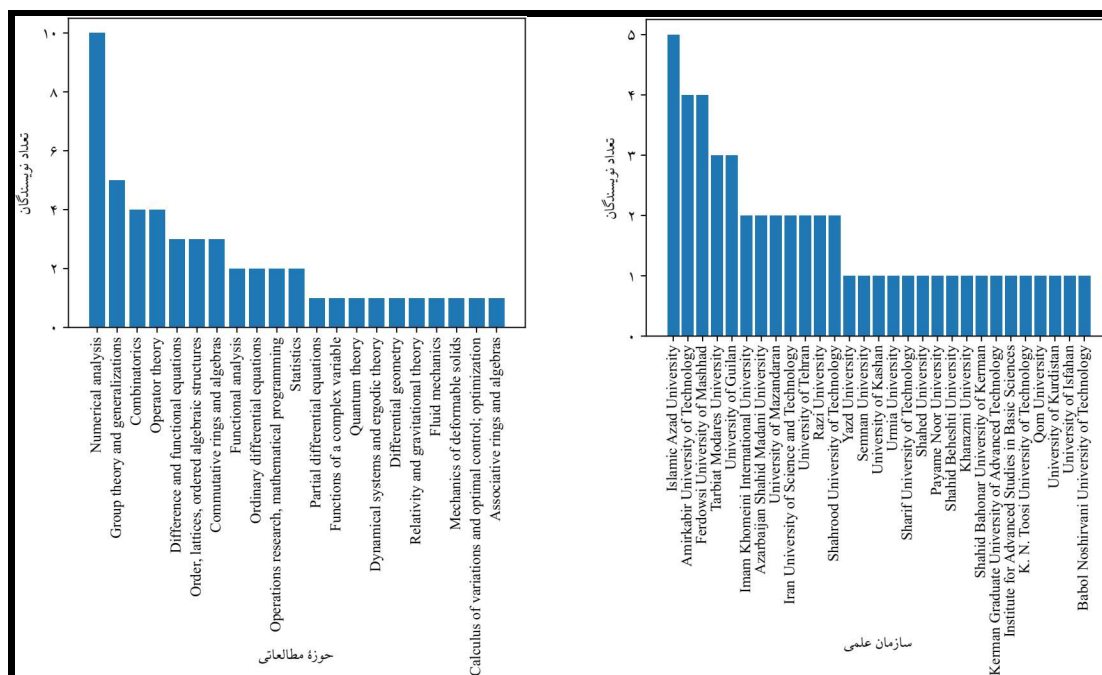


شکل ۹: بزرگ‌ترین مؤلفه همبندی شبکه تألیفات مشترک رنگ گره متناظر هر نویسنده بیانگر حوزه مطالعاتی اصلی او است.

شکل ۹ یک مصورسازی از بزرگ‌ترین مؤلفه همبندی شبکه تألیف‌های مشترک ریاضی‌دانان ایرانی را نشان می‌دهد. بیشترین

جدول ۱: وابستگی سازمانی پرکارترین نویسندگان براساس مرکزیت درجه (بدون وزن)، رتبه صفحه (وزن دار) و بینابینی

وابستگی سازمانی	مرکزیت درجه	وابستگی سازمانی	مرکزیت رتبه صفحه	وابستگی سازمانی	مرکزیت بینابینی
دانشگاه یزد	۲۴۰	دانشگاه یزد	۰/۰۰۲۴۸۲	دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین	۲۰۷۹۱۱۷۸/۱۲
دانشگاه صنعتی شریف	۲۰۱	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۰/۰۰۲۱۷۳	دانشگاه صنعتی شریف	۱۲۴۱۶۸۹۸/۳۴
دانشگاه فردوسی مشهد	۱۶۹	دانشگاه سمنان	۰/۰۰۱۶۳۳	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۹۹۱۷۸۱۱/۵۵
دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل	۱۶۷	دانشگاه آزاد اسلامی	۰/۰۰۱۵۱۱	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۹۳۹۶۳۷۳/۲۶
دانشگاه سمنان	۱۶۶	دانشگاه صنعتی شریف	۰/۰۰۱۴۶۹	دانشگاه یزد	۹۳۶۴۶۹۸/۲۱
دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین	۱۵۹	دانشگاه فردوسی مشهد	۰/۰۰۱۴۲۱	دانشگاه مازندران	۸۶۹۶۰۷۳/۸۳
دانشگاه آزاد اسلامی	۱۵۳	دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین	۰/۰۰۱۴۰۲	دانشگاه آزاد اسلامی	۸۲۰۳۵۲۷/۰۵
دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۱۴۹	دانشگاه کاشان	۰/۰۰۱۳۵۴	دانشگاه آزاد اسلامی	۸۱۱۶۲۲۳/۱۶
دانشگاه تهران	۱۴۰	دانشگاه آزاد اسلامی	۰/۰۰۱۲۲۵	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل	۷۴۶۴۶۸۰/۳۷
دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۱۳۱	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل	۰/۰۰۱۱۹۵	دانشگاه آزاد اسلامی	۷۳۶۹۷۸۶/۰۹



شکل ۱: وابستگی سازمانی (راست) و حوزه مطالعاتی اصلی (چپ) پنجاه ریاضی‌دان پرکار ایرانی براساس تعداد مقالات

ارتباطی، افزایش تعداد محققین و خصوصاً دانشجویان دکتری، تغییر عرف جوامع علمی به‌خصوص درباره ذکر نام استادان راهنما در مقالات مستخرج از پایان‌نامه‌ها [۶] و عوامل اجتماعی سطح بالاتری مانند تخصصی‌شدن علوم و جهانی‌شدن [۲۸] برخی از عوامل مؤثر بر رشد تألیفات مشترکند.

بسیاری از ویژگی‌های شبکه تألیف‌های مشترک ریاضی‌دانان ایرانی مشابه مشاهدات پژوهشگران از شبکه‌های تألیف مشترک ریاضی‌دانان سرتاسر جهان است و ویژگی‌های رایج شبکه‌های اجتماعی، از جمله قانون شش درجه جدایی، درباره این شبکه نیز صدق می‌کند؛ هرچند به نظر می‌رسد تعداد مقالات نویسندگان از توزیع قانون لوتکا پیروی نمی‌کند.

۵ بحث، نتیجه‌گیری و تحقیقات آینده

جدول ۱ تعداد مقالات علمی ریاضی‌دانان ایرانی از سال ۱۹۸۰ تا امروز رشدی نمایی و نسبتاً پایدار داشته است. ریاضی‌دانان ایرانی از سال‌های دور و پیش از همه‌گیر شدن تألیف مشترک در دانشگاه‌های سرتاسر جهان به تألیف مشترک مقالات علمی روی آوردند و به سرعت مقالات دوفره به الگوی رایج نگارش مقالات علمی آن‌ها تبدیل شد؛ اما برغم آنکه مقالات دارای سه نویسنده نیز بسیار رایج شده‌اند، تألیف مشترک در گروه‌های بزرگ‌تر از دو نویسنده هنوز به الگوی غالب تبدیل نشده است. نظام پاداش مؤسسات علمی مبتنی بر تعداد مقالات، امکان‌پذیر کردن تحقیقات وسیع‌تر، توسعه فناوری‌های

- ference on Web and Social Media*, Volume 3, pp. 361–362.
 - [2] Behrens, H. and P. Luksch (2011). Mathematics 1868–2008: a bibliometric analysis. *Scientometrics Scientometrics* 86(1), 179 – 194.
 - [3] Figueroa-O’Farrill, J. (2010). Quantitatively speaking, which subject area in mathematics is currently the most research active? MathOverflow. Available online at <https://mathoverflow.net/q/10816> [Last access: 2021-06-29].
 - [4] Glänzel, W. and A. Schubert (2004). Analysing scientific networks through co-authorship. In *Handbook of quantitative science and technology research*, pp. 257 – 276. Springer.
 - [5] Harirchi, G., G. Melin, and S. Etemad (2007, Jul). An exploratory study of the feature of Iranian co-authorships in biology, chemistry and physics. *Scientometrics* 72(1), 11–24.
 - [6] Henriksen, D. (2016, May). The rise in co-authorship in the social sciences (1980 – 2013). *Scientometrics* 107(2), 455–476.
 - [7] Jacomy, M., T. Venturini, S. Heymann, and M. Bastian (2014, Jun). ForceAtlas2, a continuous graph layout algorithm for handy network visualization designed for the gephi software. *PloS one* 9(6), e98679–e98679.
 - [8] Korevaar, J. (1996). Validation of bibliometric indicators in the field of mathematics. *Scientometrics* 37(1), 117–130.
 - [9] Kumar, P. and J. K. Pal (2017). Scientometric evaluation of sankhyā—the indian journal of statistics. *Malaysian Journal of Library & Information Science* 17(2), 83–100.
 - [10] Mack, C. (2015, 02). 350 years of scientific journals. *Journal of Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS* 14, 010101.
 - خوشه‌های مختلف همکاری‌های علمی در شبکه ریاضی‌دانان ایرانی، نه براساس دانشگاه و وابستگی سازمانی، بلکه براساس حوزه کاری ریاضی‌دانان تشکیل شده است. بر این اساس، می‌توان این فرضیه را مطرح کرد که همکاری‌های برون‌سازمانی رایج‌ترین نوع روابط همکاری در شبکه تألیف‌های مشترک دانشمندان ایرانی است؛ هرچند بررسی صحت این فرضیه به پژوهشی جداگانه و بررسی دقیق وابستگی سازمانی همه نویسندگان نیاز دارد.
 - همکاری‌های بین‌المللی ریاضی‌دانان ایرانی نیز قابل توجه است؛ چنانکه نام چند ریاضی‌دان غیرایرانی در بین اسامی پرکارترین ریاضی‌دانان نویسنده مقالاتی که حداقل یک نویسنده با وابستگی سازمانی ایرانی داشته‌اند (مقالات موضوع پژوهش حاضر) به چشم می‌خورد. این دانشمندان از فهرست‌های مربوط به پرکارترین ریاضی‌دانان حذف شدند؛ اما مشخصات برخی از آن‌ها در قسمت روش‌شناسی پژوهش ذکر شد. همکاری‌های بین‌المللی دانشمندان ایرانی و دلایل آن‌ها (روابط استاد-دانشجو، آشنایی در فرصت مطالعاتی یا دوره‌های پسادکتری، نزدیکی حوزه تحقیقاتی و غیره) می‌تواند موضوع پژوهشی دیگر قرار گیرد.
 - در سال‌های پایانی قرن بیستم نظریه گروه‌ها و محاسبات کوانتومی پر بسامدترین موضوعات پژوهشی محبوب ریاضی‌دانان ایرانی بوده‌اند. از سال ۲۰۰۴ آنالیز عددی با اختلاف قابل توجه به محبوب‌ترین موضوع پژوهشی در ایران بدل می‌شود. با وجود اشاره به چند عامل احتمالی، علت دقیق این مسئله نیازمند تحقیقات بیشتر از سوی متخصصین این حوزه است.
- ### تشکر و قدردانی
- نگارنده لازم می‌داند مراتب تشکر خود را از کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه تهران اعلام کند که تسهیلات لازم را برای استفاده نگارنده از پایگاه مت‌سایت و جمع‌آوری اطلاعات اولیه مورد نیاز برای نگارش اثر حاضر فراهم آورد. نگارنده مراتب قدردانی خود را از سعیده زارع، دانشجوی ریاضی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، اعلام می‌دارد که در تحلیل برخی یافته‌ها راهنمایی‌هایی به نگارنده ارائه داد.
- ### مراجع
- [1] Bastian, M., S. Heymann, and M. Jacomy (2009). Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks. In *Proceedings of the International AAAI Con-*

حوزه سیاست‌گذاری و مدیریت فناوری در ایران. سیاست علم و فناوری ۶(۲)، ۱-۱۶.

[۲۱] ریاحی، محمداسماعیل (۱۳۷۴). مجلات علمی: مجرای ارتباط دانشمندان. رهیافت ۵(۸)، ۱۰-۱۹.

[۲۲] زنگی‌شیه، الهه، فرامرز سهیلی، و حمید احمدی (۱۳۹۴). تحلیل استنادی و هم‌نویسندگی پژوهشگران حوزه اسلام و علوم قرآنی در وبگاه علوم میان سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۲ و ترسیم ساختار علمی این حوزه. پژوهش‌نامه علم‌سنجی ۱(۱)، ۲۱-۳۸.

[۲۳] ستارزاده، اصغر، گلنسا گلینی‌مقدم، و عصمت مؤمنی (۱۳۹۵). تحلیل ساختار شبکه همکاری‌های علمی پژوهشگران حوزه علوم پایه پزشکی ایران در نمایه استنادی علوم در بازه زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳. مطالعات دانش‌شناسی ۲(۶)، ۱-۲۰.

[۲۴] سهیلی، فرامرز و فریده عصاره (۱۳۹۲). بررسی تراکم و اندازه شبکه اجتماعی موجود در شبکه هم‌نویسندگی مجلات علم اطلاعات. پردازش و هدایت اطلاعات ۲۹(۸)، ۳۵۱-۳۷۱.

[۲۵] صفری، هادی (۱۳۹۹). عدد اردوش و شبکه تألیف‌های مشترک: نگاهی به کاربردی از نظریه گراف در علم‌سنجی. نشریه ریاضی و جامعه ۵(۲)، ۴۷-۵۷.

[۲۶] ضیائی، محمود (۱۳۹۹). مصورسازی شبکه همکاری‌های علمی در پژوهش‌های ژئوتوریسم. برنامه‌ریزی و توسعه گردشگری ۹(۲)، ۲۷-۴۶.

[۲۷] فرهنگ، سهیلا، علی‌اکبر خاصه، و آرزو ابراهیمی دینانی (۱۳۹۷). پژوهش‌های عرفانی در آینه علم‌سنجی. پژوهش‌های ادب عرفانی ۳۶(۳)، ۱۰۹-۱۳۳.

[۲۸] نوروزی چاکلی، عدالرضا (۱۳۹۰). آشنایی با علم‌سنجی: مبانی، مفاهیم، روابط و ریشه‌ها. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

[۲۹] گودرزی، منیژه، فاطمه احمدی تاری، و موسی گابله (۱۳۹۸). گزارشی از عملکرد کمی و کیفی مقالات چاپ شده محققین ریاضی کشور. نشریه ریاضی و جامعه ۴(۴)، ۳۱-۴۷.

[11] Newman, M. E. J. (2004, Apr). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101 Suppl 1(Suppl 1), 5200-5205.

[12] Shaveisi, F. and M. Amini (1399). The analysis of the co-authorship graph of iranian researchers in mathematics by graph parameters. *Scientometrics Research Journal* 6(11), 237-260.

[13] Zhou, P. and L. Leydesdorff (2007). The citation impacts and citation environments of chinese journals in mathematics. *Scientometrics* 72(2), 185-200.

[۱۴] اسدی، مریم و سامان ثقفی (۱۳۹۱). بررسی میزان هم‌تألیفی پژوهشگران ایرانی در حوزه فنی و مهندسی در سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۹۰. آموزش مهندسی ایران ۱۴(۵۵)، ۱۱۱-۱۳۴.

[۱۵] اسدی، مریم، سمیه جولایی، سامان ثقفی، و اعظم بذرافشان (۱۳۹۲). همکاری‌های علمی و شبکه‌های هم‌تألیفی در تولیدات علمی دانشگاه صنعتی شریف در طول سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۰. مطالعات ملی کتابداری و سازماندهی اطلاعات ۹۳(۹۳)، ۱۶۶-۱۸۷.

[۱۶] امیدعلی، قاسم و آیدین آذری (۱۳۹۵). ضریب تأثیر ریاضیات. نشریه ریاضی و جامعه ۱(۳)، ۳۱-۳۷.

[۱۷] حریری، نجلا و مهسا نیکزاد (۱۳۹۰). شبکه‌های هم‌تألیفی در مقالات ایرانی رشته‌های کتابداری و اطلاع‌رسانی، روان‌شناسی، مدیریت و اقتصاد در پایگاه ISI بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹. علوم و فناوری اطلاعات ۲۶(۴)، ۸۲۵-۸۴۴.

[۱۸] دیدگاه، فرشته و محمدامین عرفان‌منش (۱۳۸۹). بررسی تألیفات مشترک ایران و کشورهای جنوب شرق آسیا در پایگاه وب آو سینس. علوم و فناوری اطلاعات ۲۴(۴)، ۸۵-۱۰۲.

[۱۹] رضائی‌نور، جلال، رضوان لسانی، عاطفه زکی‌زاده، و غدیر صفامجید (۱۳۹۳). بررسی شبکه‌های همکاری نویسندگی در حوزه فناوری اطلاعات با استفاده از تکنیک‌های شبکه‌های اجتماعی. مدیریت فناوری اطلاعات ۶(۲)، ۲۲۹-۲۵۰.

[۲۰] روشنی، سعید، سید سروش قاضی‌نوری، و سید حبیب‌الله طباطبائی‌ان (۱۳۹۲). تحلیل شبکه هم‌نویسندگی پژوهشگران

* دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر