

بررسی شبکه تألیف‌های مشترک ریاضی‌دانان ایرانی

هادی صفری

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

hadi.safari@ut.ac.ir

چکیده

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 هیچ‌یک از دانشگاه‌های ایران قطب علمی شاخصی در ریاضیات تشکیل نداده‌اند و خوشه‌های اصلی روابط همکاری ریاضی‌دانان ایرانی بیشتر حول موضوعات تحقیقاتی مشترک - و نه مؤسسات پژوهشی مشترک - شکل گرفته است. همکاری‌های بین‌المللی ریاضی‌دانان ایرانی نیز جالب 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 *تبادلات فلسفی انجمن سلطنتی*^۱ 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 نوشته‌های 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].

^۱Philosophical Transactions of the Royal Society

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 نوشته‌های علمی منحصر نمی‌شوند. همکاری‌های نویسندگان در تألیف مقالات علمی که تحت عنوان *تالیف 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 *مت‌ساین*^۳ متعلق به انجمن ریاضی آمریکا که از سال ۱۹۴۰ فعالیت خود را آغاز کرده است در بین ریاضی‌دانان به‌عنوان 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 [۱۶، ۲۹]. در اثر حاضر این پایگاه به‌عنوان 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 پیش 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 ۶/۸ مقاله و ۳/۸ همکار داشته 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.

^۱scientometrics

^۲coauthorship

^۳MathSciNet

^۴Mathematical Citation Quotient (MCQ)

^۵Medline

^۶Physics E-print Archive at Cornell University

^۷Mathematical Reviews

^۸fat-tailed distribution

هنریکسن در [۶] با بررسی روابط هم‌تألیفی پایگاه وب آو ساینس^۱ 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 درون‌دانشگاهی 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 ژئوتوریسم و زنگیشه و دیگران [۲۲] حوزه اسلام و علوم قرآنی را بررسی کرده‌اند.

پژوهش‌هایی علم‌سنجی خاص 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.

شاوویی 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.

^۱Web of Science

گودرزی و همکاران در [۲۹] برترین مقالات و محققین ریاضی ایران را بر اساس شاخص استنادی MCQ و با استفاده از مقالات ثبت شده 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

۱.۳ جمع‌آوری داده‌ها

پایگاه متساینت^۱ 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) (شکل ۱) استفاده شد. شکل ۲ اولین صفحه نتایج این جست‌وجو را نشان می‌دهد. سپس با یک خزنده^۲ 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 ارقام پایگاه متساینت نمایه شده بودند در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت.

وابستگی سازمانی محققین بر اساس آخرین مقاله نمایه شده آن‌ها با وابستگی سازمانی ایرانی محاسبه شد. همه واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی و همه واحدهای دانشگاه پیام نور به‌عنوان یک مؤسسه علمی در نظر گرفته شدند. داده‌های سال ۲۰۲۱ به دلیل بالغ نبودن داده‌ها از تمامی نمودارهای زمانی کنار گذاشته شد. همچنین، ریاضی‌دانان خارجی‌ای که با ریاضی‌دانان ایرانی زیادی همکاری مشترک داشته‌اند (مانند دومیترو بالینو^۳ از دانشگاه چانکایا^۴ در آنکارای ترکیه و پارک چونکیل^۵ از دانشگاه هانیانگ^۶ در سئول کره جنوبی) از تمامی فهرست‌های برترین ریاضی‌دانان ایرانی کنار گذاشته شدند.

۲.۳ تحلیل داده‌ها

محاسبات، تحلیل و مصورسازی‌ها با استفاده از ابزارهای زبان پایتون و ابزار گفی 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.

^۱<https://mathscinet.ams.org/mathscinet>

^۲crawler

^۳Baleanu, Dumitru I.

^۴Cankaya University

^۵Park, Choonkil

^۶Hanyang University

Search Terms

Institution and

Title and

MSC Primary and

Anywhere

Time Frame

Entire Database

Year

Year Range: to

Publication Type

All

Books

Journals

Proceedings

Review Format

PDF

HTML

Facts and Figures: 3,944,401 total publications

[Help](#) | [Contact Us](#)



Release of MSC2020 (07 January 2020). The editorial work on MSC2020 has been completed by the editors of *Mathematical Reviews* and *zbMATH*. An official announcement of the new classification, including information about the major changes, is being published in the March issues of the *European Mathematical Society Newsletter* and the *Notices of the American Mathematical Society*. A PDF file of the new scheme is available [here](#).

The IMS and ASA have transferred the data from the **Current Index to Statistics (CIS)** to the AMS. The data, with a new search interface, is available from the MathSciNet servers at the URL <https://mathscinet.ams.org/cis>.

COVID-19 Updates: Please visit the [AMS COVID-19 page](#) for the latest information.

شکل ۱: کلمه جستجوی Institution=(Iran) در پایگاه متساینت

۱.۲.۳ 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 متساینت^۱ 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 متساینت از جدید به قدیم به عنوان عامل تعیین‌کننده در نظر گرفته شد. برای نویسندگانی که هیچ‌یک از نوشته‌های آن‌ها رده‌بندی نشده بود حوزه مطالعاتی اصلی در نظر گرفته نشد.

¹<https://mathscinet.ams.org/msnhtml/msc2020.pdf>

۲.۲.۳ شبکه تالیف‌های مشترک نویسندگان

بر مبنای آنچه در بالا گفتیم شبکه تالیف‌های مشترک نویسندگان تشکیل گردید. برای هر نویسنده یک رأس در نظر گرفته شد. در صورتی که دو نویسنده تالیف مشترکی داشتند، میان رأس‌های متناظر آن دو نویسنده یک یال وزن دار بدون جهت رسم شد. وزن یال‌ها برابر تعداد تالیفات مشترک نویسندگان متناظر رأس‌های دو سر یال بود. پس از تشکیل شبکه و محاسبه برخی ویژگی‌های ساختاری آن، از سنج‌های مرکزیت^۱ درجه^۲، بینابینی^۳ و رتبه صفحه^۴ برای تشخیص اهمیت هر نویسنده در شبکه تالیف‌های 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 چینش گره‌ها در مصورسازی شبکه‌ها نیز از الگوریتم فورس اطلس ۲ استفاده شد [۷].

۴ یافته‌ها

در مجموع اطلاعات ۴۴۷۷۱^۵ نوشته 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 که دلیل آن بر نگارنده نامعلوم است. تعداد مقالات دو سال اخیر (۲۰۱۹ و ۲۰۲۰) نیز کاهش یافته است که حداقلی بخشی از این مسأله ناشی از بالغ 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 بالغ نبودن داده‌ها در نمودارهای زمانی نشان داده نشده است.

شکل ۴ بسامد موضوعات مختلف را در بین موضوع اصلی مقالات نشان می‌دهد. آنالیز عددی، ترکیبیات، تحقیق در عملیات و برنامه‌نویسی ریاضی، نظریه عملگرها و نظریه گروه‌ها و تعمیم آن‌ها پربسامدترین موضوعات اصلی مقالات ریاضی‌دانان ایرانی بوده است. برای ارائه نمایی کلی از وضعیت مقالات حوزه‌های مختلف، یک دسته‌بندی سطح بالاتر غیررسمی^۶ در شکل ۵ نمایش داده شده است.

شکل ۶ پربسامدترین موضوعات سالیانه را در بین موضوعات اصلی مقالات ریاضی‌دانان 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 پرتفردارترین موضوعات میان ریاضی‌دانان ایرانی بوده است. پس از سال ۲۰۰۳ آنالیز

^۱centrality measures

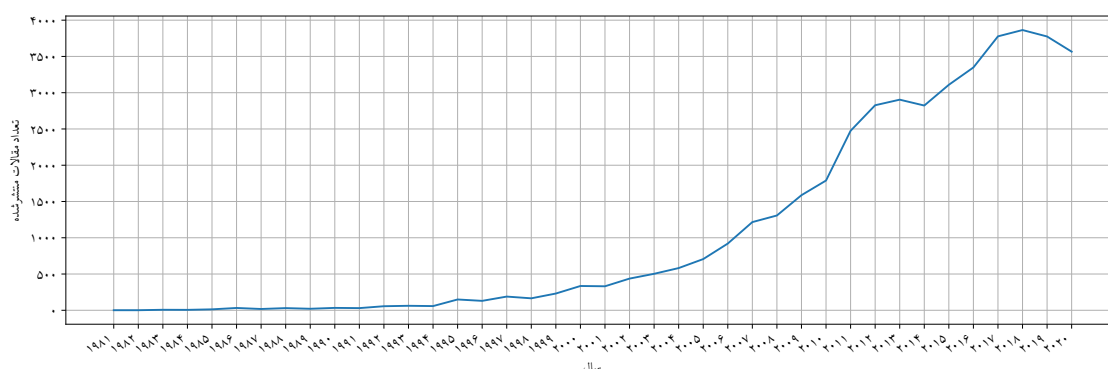
^۲degree

^۳betweenness

^۴PageRank

^۵در صفحه نتایج، تعداد نوشته‌ها ۴۴۷۷۲ اعلام شده است؛ اما مجموع تعداد نوشته‌های علمی ذکر شده برای سال‌های مختلف برابر ۴۴۷۷۱ می‌شود.

^۶بر اساس <https://math-atlas.org/index/beginners.html>



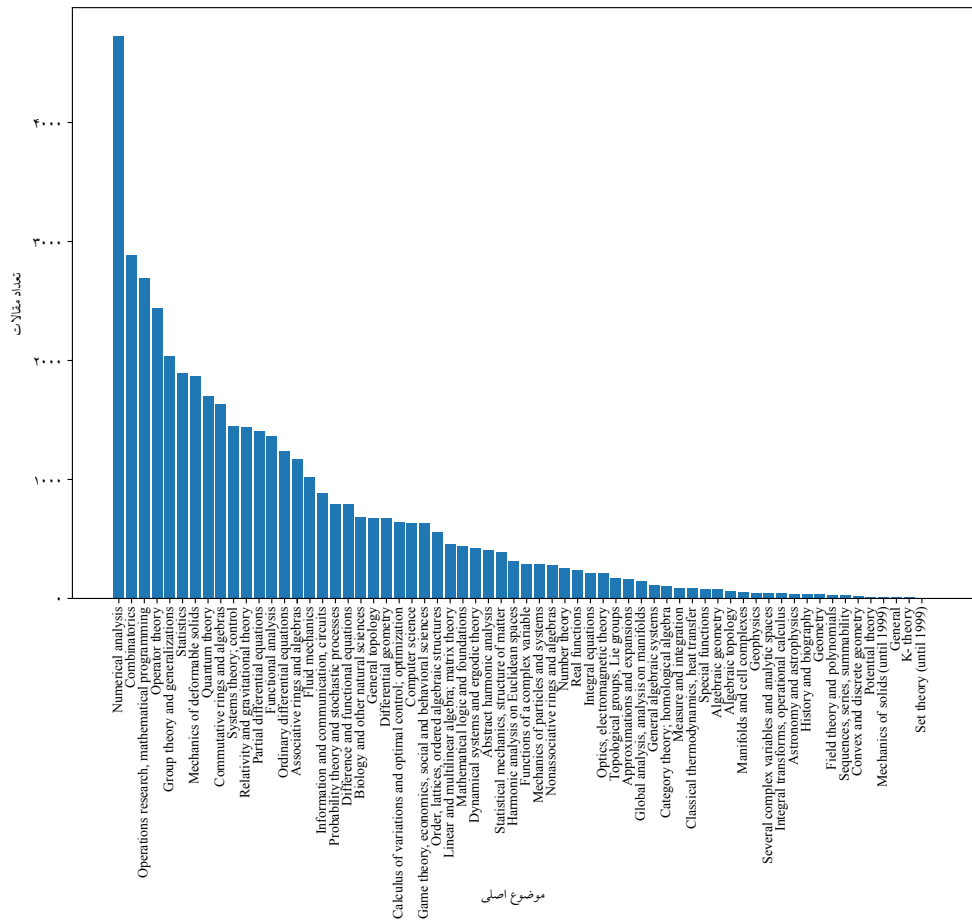
شکل ۳: تعداد مقالات در گذر زمان

عددی به پرتعدادترین موضوع تبدیل می‌شود.

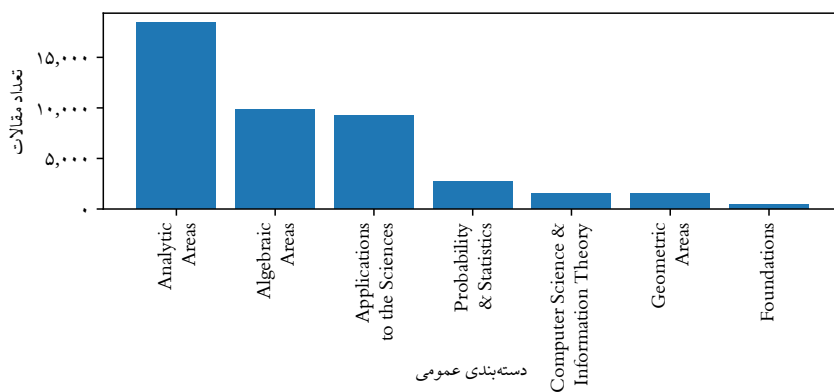
ممکن است دلیل رشد ناگهانی محبوبیت حوزه تحقیقاتی آنالیز عددی رواج بیشتر کامپیوترها و نیاز به روش‌های محاسباتی در حوزه‌های مهندسی، یا فارغ‌التحصیل و جذب شدن تعداد زیادی متخصص این حوزه باشد. بررسی دقیق‌تر علت این مسئله نیازمند تحقیقات میدانی، مصاحبه و بررسی بیشتر مقالات و سوابق پژوهشی است. محبوب‌ترین زیرشاخه‌های آنالیز عددی در تحقیقات ریاضی‌دانان ایرانی معادلات انتگرالی (زیرشاخه 65R20) با ۷۴۲ مقاله، روش‌های طیفی، هم‌مکانی و سایر روش‌های مرتبط برای حل مسائل معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی با مقدار اولیه و شرایط مرزی اولیه وابسته به زمان (زیرشاخه 65M70) با ۴۸۲ مقاله و روش اجزای محدود، ریلی-ریتز، گلرکین و روش‌های هم‌مکانی برای حل معادلات دیفرانسیل عادی (زیرشاخه 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 توجه به حوزه آنالیز عددی شده باشد. گودرزی و دیگران نیز آنالیز عددی را پرکاربردترین موضوع در بین مقالات دانشگاه‌های منتخب در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۸ دانسته‌اند [۲۹]. شایوسی و امینی نیز 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 پرتعداد بوده است اما معمولاً محبوب‌ترین موضوع نیست [۳].

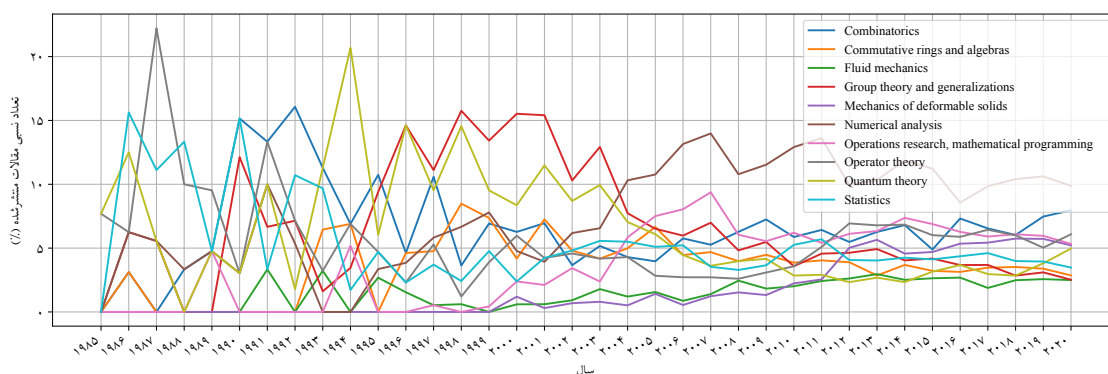
به‌طور میانگین، هر مقاله ۲٫۳۷ نویسنده دارد و هر نویسنده ۴٫۱۸ مقاله تألیف کرده است. میانگین تعداد نویسندگان مقالات اندکی بیش از مشاهده نیومن در [۱۱] درباره متمتیکال ریویوز است. با گذشت بیش از پانزده سال از مقاله نیومن و با توجه به روند صعودی تعداد سالیانه مقالات و رایج‌تر شدن تألیف مشترک، چنین اتفاقی دور از انتظار نبود. تعداد



شکل ۴: موضوع اصلی مقالات



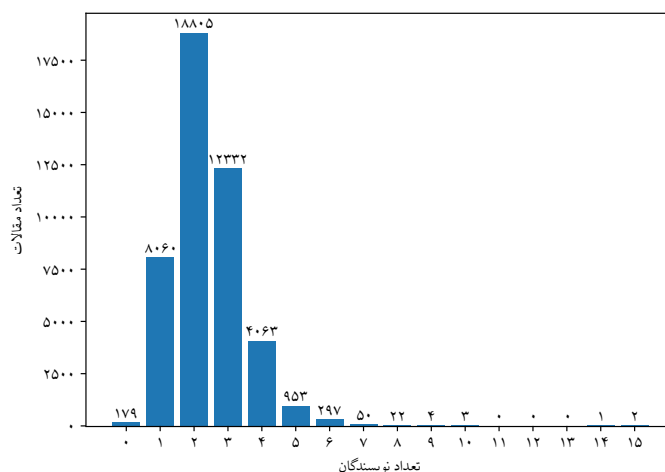
شکل ۵: دسته بندی سطح بالاتر موضوع اصلی مقالات



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

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.

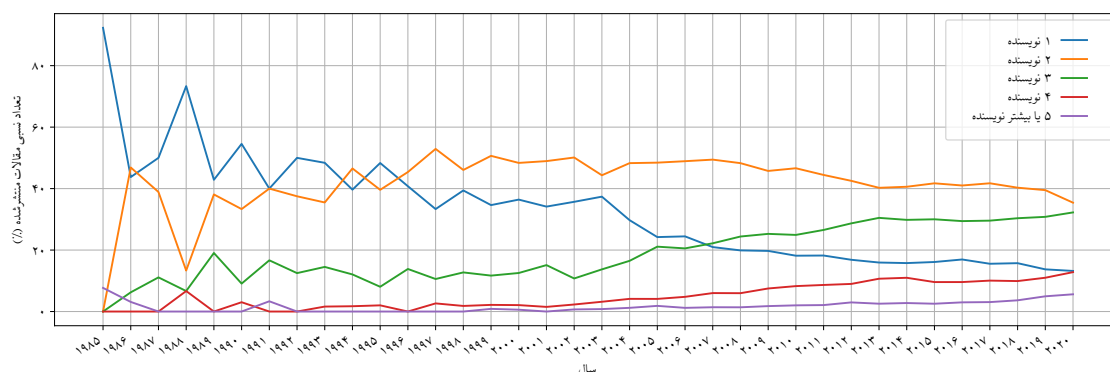
به نظر می‌رسد تعداد مقالات نویسندگان را نمی‌توان با توزیع قانون لوتکا^۱ به خوبی مدل‌سازی کرد. بهترین توزیع یافت‌شده برای توصیف تعداد نویسندگانی با تعداد مقالات مشخص (X تعداد مقالات هر نویسنده و Y تعداد نویسندگان دارای X مقاله) با استفاده از قانون لوتکا با رابطه $Y = 11071751419 * X^{-1840353}$ قابل مدل‌سازی 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

^۱Lotka's law

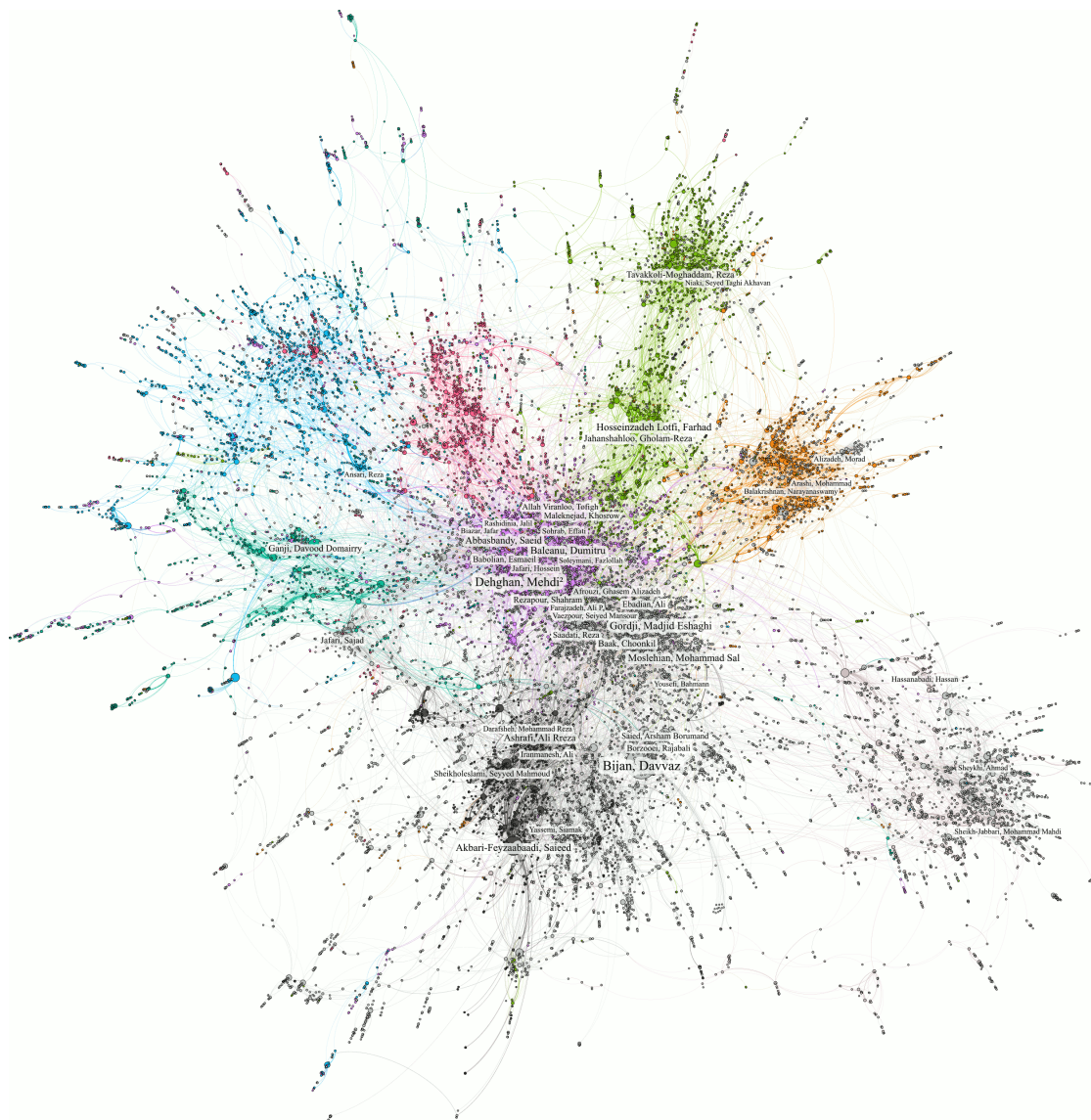
شکل ۸ سهم الگوهای عددی تألیف مشترک را در گذر زمان نشان می‌دهد. در سال‌های اخیر تألیف مشترک در گروه‌هایی با بیش از دو عضو رایج‌تر شده است. از سال ۱۹۹۶ تألیف مشترک مقالاتی با دو نویسنده به الگوی رایج تألیف مقالات ریاضی‌دانان ایرانی تبدیل شده است که نشانگر قدمت تألیف مشترک در بین این گروه از پژوهشگران است. تعداد مقالات تک‌نویسنده‌ای از سال ۲۰۰۴ با کاهشی قابل توجهی 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.



شکل ۸: تعداد نویسندگان مقالات در گذر زمان

شبکه تألیف‌های مشترک ریاضی‌دانان ایرانی ۲۵۳۵۸ رأس (نویسنده) و ۵۵۴۶۰ یال وزن‌دار 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 مترکم‌تر 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.

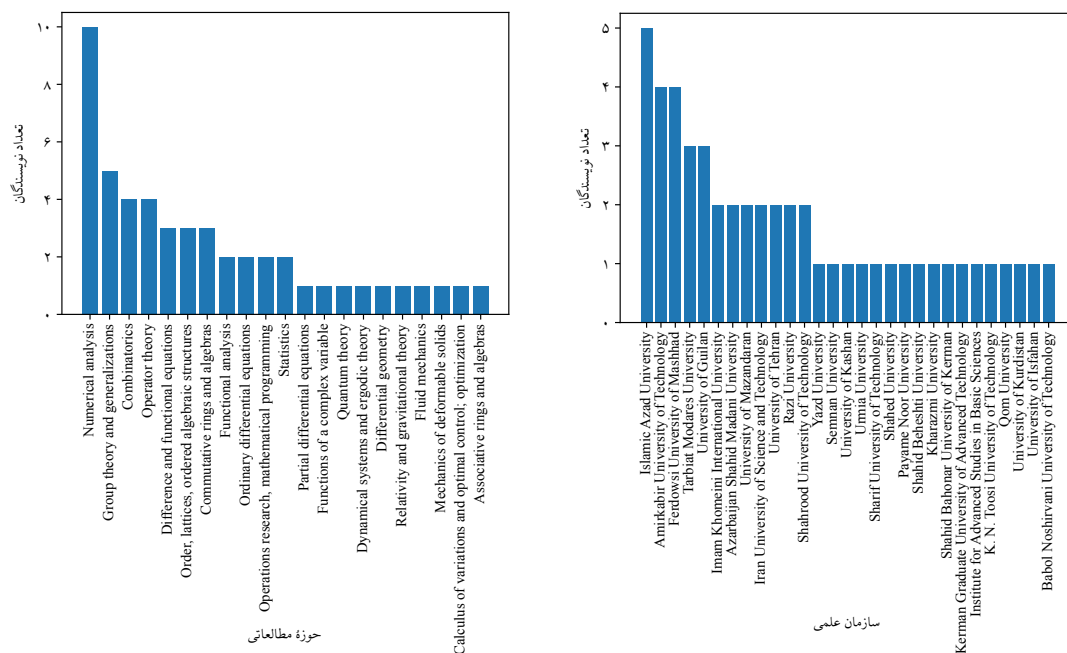
شکل ۹ یک مصورسازی از بزرگ‌ترین مؤلفه همبندی شبکه تألیف‌های مشترک ریاضی‌دانان ایرانی را نشان می‌دهد. بیشترین تعداد مقالات با ۵۶۶ مقاله به یک عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر اختصاص دارد. دو عضو هیئت علمی دانشگاه یزد و دانشگاه سمنان، به‌ترتیب با ۵۰۱ و ۳۲۶ مقاله، در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. شکل ۱۰ نیز وابستگی سازمانی این افراد و حوزه مطالعاتی اصلی آن‌ها را نشان می‌دهد. دانشگاه‌های آزاد اسلامی، صنعتی امیرکبیر و فردوسی مشهد بیشترین تعداد محققین برتر 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



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

برتر ایرانی است. پژوهش‌های گودرزی و دیگران نیز تفاوت جایگاه دانشگاه‌های مختلف در حوزه‌های مختلف را نشان می‌دهد است [۲۹].

جدول ۱ مهم‌ترین ریاضی‌دانان ایرانی را براساس سنجه‌های مرکزیت درجه (بدون وزن)، رتبه صفحه و بینابینی 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 بینابینی موقعیت راهبردی هر ریاضی‌دان را در شبکه



شکل ۱۰: وابستگی سازمانی (راست) و حوزه مطالعاتی اصلی (چپ) پنجاه ریاضی‌دان برتر ایرانی براساس تعداد مقالات

و نقش او را در مرتبط کردن گروه‌های مختلف ریاضی‌دانان نشان می‌دهد. بیشترین مرکزیت درجه و رتبه صفحه متعلق به یکی از استادان دانشگاه یزد و بیشترین مرکزیت بینابینی متعلق به یکی از استادان دانشگاه بین‌المللی امام خمینی^(د) 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 برترین نویسندگان با معیارهای مرکزی مختلف قرار دارند.

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

مرکزیت بینابینی	وابستگی سازمانی	مرکزیت رتبه صفحه	وابستگی سازمانی	مرکزیت درجه	وابستگی سازمانی
۲۰۷۹۱۱۷۸۱۲	دانشگاه بین‌المللی امام خمینی ^(د) قزوین	۰٫۵۰۲۴۸۲	دانشگاه یزد	۲۴۰	دانشگاه یزد
۱۲۴۱۶۸۹۸۳۴	دانشگاه صنعتی شریف	۰٫۵۰۲۱۷۳	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۲۰۱	دانشگاه صنعتی شریف
۹۹۱۷۸۱۱،۵۵	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۰٫۵۰۱۶۳۳	دانشگاه سمنان	۱۶۹	دانشگاه فردوسی مشهد
۹۳۹۶۳۷۳،۲۶	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	۰٫۵۰۱۵۱۱	دانشگاه آزاد اسلامی	۱۶۷	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
۹۳۶۴۶۹۸،۲۱	دانشگاه یزد	۰٫۵۰۱۴۶۹	دانشگاه صنعتی شریف	۱۶۶	دانشگاه سمنان
۸۶۹۶۰۷۳،۸۳	دانشگاه مازندران	۰٫۵۰۱۴۲۱	دانشگاه فردوسی مشهد	۱۵۹	دانشگاه بین‌المللی امام خمینی ^(د) قزوین
۸۲۰۳۵۲۷،۰۵	دانشگاه آزاد اسلامی	۰٫۵۰۱۴۰۲	دانشگاه بین‌المللی امام خمینی ^(د) قزوین	۱۵۳	دانشگاه آزاد اسلامی
۸۱۱۶۲۲۳،۱۶	دانشگاه آزاد اسلامی	۰٫۵۰۱۳۵۴	دانشگاه کاشان	۱۴۹	دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۷۴۶۴۶۸۰،۳۷	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل	۰٫۵۰۱۲۲۵	دانشگاه آزاد اسلامی	۱۴۰	دانشگاه تهران
۷۳۶۹۷۸۶،۰۹	دانشگاه آزاد اسلامی	۰٫۵۰۱۱۹۵	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل	۱۳۱	دانشگاه صنعتی امیرکبیر

با توجه به خوشه‌های مختلف شبکه تألیف‌های مشترک (شکل ۹) و افراد مهم 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 پیکار در حوزه‌های نزدیک به هم تفاضل محدود و معادلات تابعی، آنالیز تابعی و غیره، به رنگ خاکستری دیده می‌شود.

۵ بحث، نتیجه‌گیری و تحقیقات آینده

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 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 تخصصی شدن علوم و جهانی شدن [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.

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 برترین 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 بر نگارنده روشن نیست و نیازمند تحقیقات بیشتر از سوی متخصصین این حوزه است. همچنین این پرسش مطرح می‌شود که مثلاً، پژوهشگران ایرانی در عمل چقدر در پیشبرد روش‌های حل عددی معادلات انتگرالی (پرطرفدارترین زیررشته آنالیز عددی در مقالات بررسی شده) مؤثر بوده‌اند. برترین ریاضی‌دانان ایرانی به دانشگاه‌های مختلفی در سطح کشور وابسته‌اند و به دانشگاه‌های مادر مشهورتر منحصر نشده‌اند. به نظر می‌رسد هیچ‌یک از دانشگاه‌ها قطب علمی شاخصی در ریاضیات دانشگاهی ایران تشکیل نداده‌اند.

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 متساینت 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 تفسیر برخی یافته‌ها و اطمینان از صحت بعضی نتیجه‌گیری‌ها درباره فضای ریاضیات دانشگاهی کشور راهنمایی‌هایی به نگارنده ارائه داد. همچنین، نگارنده لازم می‌دارد از داوران محترم که ضمن اشاره به برخی اشکالات، نکاتی را برای تعمیق نتیجه‌گیری‌ها متذکر شدند تشکر نماید.

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 Conference on Web and Social Media*, Volume 3, pp. 361–362.
- [2] Behrens, H. and P. Luksch (2011). Mathematics 1868–2008: a bibliometric analysis. *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 sankhyá—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.
- [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)، 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 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] زنگی‌شاه، 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)، 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] فرهنگی، سهیلا، علی‌اکبر خاصه، و آرزو ابراهیمی دینانی (۱۳۹۷). پژوهش‌های عرفانی در آینه علم‌سنجی. پژوهش‌های ادب عرفانی (۳۶)، 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.