ماهیت میان‌رشتگی مقاله‌های چهار حوزهٔ نانو، زیستی، شناختی و اطلاعات بر اساس فنّ هم‌تألیفی

قاسم آزادی احمدآبادی[1]

چکیده

هدف: این مقاله قصد دارد ماهیت میان‌رشتگی مقاله‌های چهار حوزهٔ نانو، زیستی، شناختی و اطلاعات را بر اساس فنّ هم‌تألیفی شناسایی کند.

روش: این مقاله به‌لحاظ هدف کاربردی است و از فنّ هم‌تألیفی استفاده می‌کند. جامعهٔ آماری پژوهش مقاله‌های ایران به زبان انگلیسی در قالب مقاله، در چهار حوزهٔ نانو، زیستی، شناختی و اطلاعات سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ است که در پایگاه استنادی بین‌المللی اسکوپوس نمایه شده است. شاخص‌های مورد استفاده شامل ضریب هم‌تألیفی، تعاملات بیرونی و درونی پژوهشگران، شاخص شمول (دربردارندگی)، نظریه گراف، درخت پوشای بیشینه و درخت پوشای کمینه است.

یافته‌ها: بالاترین امتیاز شاخص شمول به حوزهٔ نانو در ترکیب «نانو - زیستی» اختصاص دارد. بالاترین ضریب هم‌تألیفی برای ترکیب دوگانه «نانو – زیستی» و ترکیب‌های سه‌گانه «نانو - اطلاعات - زیستی» و «نانو - شناختی - زیستی» حاصل شد. حوزه اطلاعات، بالاترین میزان شاخص تعاملات درونی و حوزه نانو بالاترین تعاملات بیرونی پژوهشگران را به خود اختصاص داد.

نتیجه‌گیری: شباهت ساختار اجتماعی حوزه نانو به حوزه زیستی در بالاترین سطح قرار دارد. ظرفیت و زمینه همکاری میان پژوهشگران حوزه‌های سه‌گانه «نانو - اطلاعات - زیستی» و «نانو - شناختی - زیستی» بالاست. پژوهشگران حوزه‌های دیگر توانسته‌اند به میزان زیادی در تدوین و انتشار مقاله در حوزه فناوری اطلاعات مشارکت کنند. به‌سبب ماهیت

۱. دانشجوی دکترای علم اطلاعات و دانش‌شناسی (دانشگاه خوارزمی) azadi_gh@yahoo.com

میان‌رشته‌ای حوزه نانو، امکان حضور و همکاری پژوهشگران و متخصصان این رشته در سایر رشته‌ها به میزان بالایی وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: هم‌تألیفی، میان‌رشتگی، فناوری‌های همگرا، تولیدات علمی ایران، علم‌سنجی.

بیان مسئله

عبارت «فناوری‌های همگرا»[1] به رشته‌های توسعه‌یافته بر پایهٔ ترکیب نانوفناوری، زیست‌فناوری، فناوری اطلاعات و علوم شناختی در مقیاسی بزرگ‌تر اطلاق می‌شود که در نشستی مشترک میان بیش از هفتاد دانشمند در سال ۲۰۰۰ پایه‌گذاری شد. این برنامه پژوهشی با هزینهٔ اهدایی از سوی مرکز ارزیابی فناوری جهانی[2] به بنیاد ملی علوم[3]، حمایت شد. این دانشمندان با اکثریت آرا، بر اهمیت این چهار حوزه تأکید کردند. این امر منجر به ادغام این حوزه‌ها و شکل‌گیری رشتهٔ جدیدی به نام «فناوری‌های همگرا» شد. بر این اساس، این رشته جدید با ترکیب یافته‌های حاصل از این رشته‌ها، به رویکردی هدفمند (موسوم به تیر انبیک[4]) برای هدایت پیشرفت‌های حاصل در عملکرد انسان و افزایش سرعت پیشرفت‌های فناورانه تبدیل و در نهایت منجر به ایجاد تغییراتی بسیار شگرف خواهد شد (روکو و بینبریج[5]، ۲۰۰۲). این پیشرفت، مقدمات ایجاد عصر جدیدی را در پیشرفت‌های علمی قرن بیست‌ویکم فراهم می‌سازد که هدف اصلی آن، ادغام رشته‌های متنوع در علوم و فناوری‌هاست. به‌همین دلیل، قرن بیست‌ویکم «عصر همگرایی» شناخته می‌شود (شوشان[6]، ۲۰۱۱: ۴۶۸). مفهوم فناوری‌های همگرا پیشرفت چهار حوزهٔ علم و فناوری (نانو، زیستی، شناختی و اطلاعات) را دربرگرفته و نیازمند

1. Converging Technologies.
2. World Technology Evaluation Center (WTEC).
3. National Science Foundation (NSF).
4. NBIC arrow.
5. *Roco & Bainbridge*.
6. ShuShan.

مشارکت افراد برخوردار از مهارت‌های مختلف است (پیلارسکی و دیگران[1]، ۲۰۰۴).

برای بهبود بروندادهای دانش، فناوری و کاربردها ایده‌ها و مفاهیم عمومی باید به‌طور نظام‌مند و همراه با ارتباط درونی به‌کار گرفته شوند. به‌همین‌نحو، کاربردهای صنعتی و اجتماعی بر انسجام رشته‌ها و یکپارچه‌سازی دانش متکی است. بنابراین، همگرایی یک اصل اساسی و طبیعی و فرصت مناسب برای پیشرفت‌های انسانی است و همگرایی دانش و فناوری به‌عنوان یک حوزهٔ درحال ظهور در جهان معرفی و تقویت شده، پیشرفت و بهره‌مندی از آن تاحدّممکن توصیه شده است (روکو و بینبریج، ۲۰۱۳: ۳). همگرایی، نیازمند یک فرهنگ جامع و باز بوده و برای حرکت فراتر از زبان واحدی برای آگاهی در بین رشته‌ها و ساختن مجموعه مشترکی از مفاهیم و شاخص‌ها و درک مشترک از هدف‌ها، نیازمند همکاری متخصصان خواهد بود. به این ترتیب، همگرایی شکل گسترش‌یافتهٔ میان‌رشتگی است که در آن پیکره‌های دانش تخصصی و حوزه‌های «کلان» فعالیت پژوهشی را دربرمی‌گیرد و با هم یک کلّ واحد را می‌سازند. این حوزه‌های کلان همگرا پیشرفت‌هایی را در پژوهش پایه به‌وجود آورده و به اختراعات، نوآوری‌ها و روش‌های جدید درمان منجر می‌شود (کمیته حوزه‌های چالشی کلیدی برای همگرایی و سلامت۲، ۲۰۱۴: ۱۷).

از طرف دیگر، با پدیدهٔ جهانی‌شدن و رشد فزایندهٔ ارتباطات همه‌جانبه در فراسوی مرزهای جغرافیایی روبه‌رو هستیم. در چنین وضعیتی و با توجه به شرایط کنونی دنیای علوم و فناوری، متخصصان و پژوهشگران ناچار هستند به‌سوی ارتباطات بیشتر و پدیدهٔ «همکاری علمی» و «تألیف مشترک» روی آورند زیرا یک فرد به‌ندرت می‌تواند تمام تخصص، مهارت، منابع و امکانات لازم برای غلبه بر مشکلات پژوهشی را در چنین شرایطی داشته باشد (احمدی، سلیمی و زنگیشه، ۱۳۹۲). مقاله‌ها و گزارش‌های علمی

1. Pilarski.
2. Committee on Key Challenge Areas for Convergence and Health.

و پژوهشی، بیشتر نتیجهٔ کار نویسندگان متعدد است (آندرس[1]، ۲۰۰۹) و چنان‌که «پوزنر۲» (۲۰۰۱) نیز اذعان می‌کند، آثار علمی دانشگاهیان به‌نحو فزاینده‌ای نتیجهٔ کارهای گروهی است.

همکاری علمی فرایندی است که طی آن دو یا چند نویسنده، با هدف خلق اثری مشترک، منابع و استعدادهای خود را به اشتراک می‌گذارند. همکاری علمی در قالب پدیدهٔ تألیف مشترک نمود پیدا می‌کند و یکی از شکل‌های آن، هم‌تألیفی است که همکاری در تولید علم از جمله مقاله، یادداشت و نظایر آن است (حسن زاده و بقایی، ۱۳۸۸). این همکاری معمولاً در مراحل مختلف تهیهٔ یک اثر علمی مانند گردآوری اطلاعات، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، نتیجه‌گیری و نگارش پژوهش صورت می‌گیرد.

پدیدهٔ هم‌تألیفی، وسیع‌ترین شبکهٔ اشتراک دانش و مشارکت حقیقی پژوهشگران در تولید علم و پیشرفت علمی است (زوارقی و عباس‌پور، ۱۳۸۸). به‌طورکلی، هم‌تألیفی مینیاتوری از ارتباطات علمی است و زمانی شکل می‌گیرد که دو یا چند نویسنده با یکدیگر همکاری می‌کنند (دیدگاه و عرفان‌منش، ۱۳۸۹).

در تدوین و انتشار مقاله‌های پژوهشی، نویسنده عنصر مهمی است و نقش اصلی را در فرایند آن ایفا می‌کند. بررسی وضعیت نویسندگان هر حوزه و میزان همکاری آنان با سایر حوزه‌ها، ساختار اجتماعی آن علم را نمایان می‌سازد. تحلیل هم‌تألیفی بر این اصل استوار است که زمانی که دو یا چند پژوهشگر به صورت مشترک یک مقاله را منتشر می‌کنند، پیوندهای فکری و اجتماعی بین آنها وجود دارد و یا در آینده به‌وجود می‌آید.

بر اساس اندیشه جهانی «فناوری‌های همگرا»، لازم است در ابتدا پیوندهای میان‌رشته‌ای عمیقی در این حوزه اتفاق بیفتد تا زمینهٔ همگرایی در سطح فناوری و محصول فراهم شود. به‌این‌ترتیب، ضرورت همکاری بین پژوهشگران در حوزه‌های مختلف علوم به‌ویژه در بین حوزه‌های فناوری نانو، فناوری زیستی، فناوری اطلاعات و علوم شناختی بیش از پیش نمایان می‌شود. بر اساس جستجوهای انجام شده در زمینهٔ

1. Andrés.

سنجش روابط میان رشته‌های یادشده، پژوهشی که به بررسی روابط ساختار اجتماعی آنها پرداخته باشد، یافت نشد. مسئله اصلی این پژوهش پاسخ به این پرسش است که پژوهشگران حوزه‌های چهارگانه به چه میزان در تدوین و انتشار دستاوردهای علمی خود از متخصصان دیگر رشته‌ها بهره گرفته‌اند. در واقع، شناسایی ظرفیت‌های تألیف و انتشار فعالیت‌های علمی مشترک به‌صورت حوزه‌های دو به دو و ترکیب‌های سه‌تایی از حوزه‌های چهارگانه مورد مطالعه، مسئله اصلی این پژوهش را شکل می‌دهد. به‌این‌ترتیب، این مطالعه درپی نیاز به تشریح زمینه‌های همکاری بین متخصصان چهار حوزهٔ یاد شده شکل گرفت. از آنجاکه در این مطالعه، ارتباطات میان پدیدآورندگان مقاله‌های هر حوزه بر اساس جهت و میزان آن مشخص می‌شود، طراحی مدل بهینهٔ ارتباطات سازمانی به‌منظور تقویت روابط میان‌رشته‌ای را در سطح معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری به‌عنوان متولی پیگیری حوزه‌های همگرا ممکن می‌سازد.

هدف‌های پژوهش

این مقاله در راستای تحقق هدف‌های زیر گام برمی‌دارد:

هدف اصلی: بررسی ماهیت میان‌رشتگی مقاله‌های چهار حوزهٔ علوم نانو، زیستی، شناختی و اطلاعات بر اساس فنّ هم‌تألیفی.

هدف‌های فرعی

- بررسی وضعیت کلی تولیدات و همکاری‌های علمی در حوزه‌های چهارگانه
- تعیین ضریب هم‌تألیفی بین حوزه‌ها به‌صورت ترکیب‌های دو و سه‌گانه
- تعیین میزان مشابهت ساختار نویسندگان به‌صورت ترکیب دو به دو و سه‌گانه
- تعیین میزان تعاملات بیرونی و درونی پژوهشگران حوزه‌های مورد مطالعه
- نمایش روابط هم‌تألیفی نویسندگان چهار حوزه بر اساس نظریهٔ گراف

پرسش‌های پژوهش

با توجه به هدف‌های تعیین‌شده، پاسخ به پرسش‌های زیر ضروری است:

۱. وضعیت کلّی تولیدات و همکاری‌های علمی در حوزه‌های چهارگانه چگونه است؟
۲. ضریب هم‌تألیفی بین حوزه‌ها به‌صورت ترکیب‌های دو و سه‌گانه چگونه است؟
۳. ساختار نویسندگان به‌صورت ترکیب دو به دو و سه‌گانه به چه میزان مشابهت دارند؟
۴. تعاملات بیرونی و درونی پژوهشگران حوزه‌های مورد مطالعه به چه میزان است؟
۵. روابط هم‌تألیفی نویسندگان چهار حوزه بر اساس نظریه گراف چگونه است؟

پیشینهٔ پژوهش

«عرفان‌منش و اصنافی» (۱۳۹۵) مطالعه‌ای را با رویکرد علم‌سنجی و به‌منظور بررسی میزان تولیدات علمی بین‌المللی در حوزه فناوری‌های همگرا (زیست فناوری، نانو فناوری، فناوری اطلاعات و علوم شناختی) در پایگاه وب‌آوساینس طی سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۴ انجام دادند. این پژوهشگران با جستجوی کلیدواژه‌های مرتبط با این حوزه، نشان دادند که در مجموع، ۹۲۰ مدرک علمی در این زمینه توسط کشورهای مختلف جهان منتشر شده است. این مطالعه نمایان ساخت که کشورهای آمریکا، کره‌جنوبی و چین دارای بیشترین تولیدات علمی در این حوزه بوده‌اند. ایران با تولید ۲۰ مقاله در این حوزه، رتبه ۱۵ را در بین ۲۰ کشور داشت. کشورهای آمریکا، استرالیا، دانمارک، فرانسه، آلمان، مالزی و اسپانیا در تولیدات علمی در حوزه فناوری‌های همگرا با پژوهشگران ایرانی همکاری داشتند. دانشگاه تربیت مدرس با تولید ۹ مدرک، دانشگاه تهران با تولید ۸ مدرک و دانشگاه تبریز با تولید ۳ مدرک در رتبه‌های اول تا سوم دانشگاه‌های پرتولید ایرانی در این حوزه قرار داشتند. با توجه به رشد سریع حوزهٔ فناوری‌های همگرا، پژوهشگران ایرانی در این حوزه باید تلاش بیشتری برای انتشار تولیدات علمی داشته باشند و مقاله‌های مجله‌های خود را در پایگاه‌های استنادی نظیر اسکوپوس، پژوهشگر

گوگل، وب‌آوساینس، ابسکو و سایر پایگاه‌های اطلاعاتی مرتبط، ثبت کنند.

«صدیقی» (۱۳۹۴) طرح پژوهشی را با هدف ترسیم و تحلیل نقشهٔ علمی سه حوزهٔ فناوری اطلاعات، مدیریت، علم اطلاعات و دانش‌شناسی و با روش‌های علم‌سنجی و تحلیل شبکه انجام داد. این پژوهشگر وضعیت همکاری علمی پژوهشگران این حوزه‌ها را نیز با مطالعهٔ شبکهٔ هم‌تألیفی پژوهشگران با استفاده از شاخص‌های تحلیل شبکه‌های اجتماعی ارزیابی کرد. وی داده‌های مرتبط را پس از استخراج از پایگاه استنادی «وب‌آوساینس» با استفاده از نرم‌افزار «هیست‌سایت» بر مبنای شاخص‌های کمّی (تعداد تولیدات علمی) و شاخص‌های کیفی علم‌سنجی (تعداد استنادها، شاخص هرش و...) تحلیل کرد. شبکه هم‌تألیفی هر یک از حوزه‌های مورد مطالعه ترسیم شد. این پژوهشگر معتقد بود میزان شاخص درجه تراکم در شبکه هم‌تألیفی پژوهشگران ایرانی در هر سه حوزهٔ مورد مطالعه، نشان‌دهندهٔ انسجام پایین این شبکه است و به‌این‌ترتیب نویسندگان، ارتباطات اندکی با یکدیگر برقرار کرده بودند. از سوی دیگر، میانگین شاخص ضریب خوشه‌بندی شبکه‌های مورد بررسی به‌ویژه در حوزهٔ فناوری اطلاعات، نشان‌دهندهٔ تمایل نسبتاً بالای اعضای شبکه به تشکیل خوشه‌های مختلف بود.

«سهیلی و منصوری» (۱۳۹۳) پژوهشی را با هدف بررسی وضعیت سنجهٔ مرکزیت شبکه اجتماعی هم‌نویسندگی موجود در بین مجله‌های شیمی ایران، نمایه‌شده در پایگاه تامسون رویترز، اجرا کردند. این مطالعه با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای صورت گرفت و جامعهٔ آماری آن شامل تمامی نویسندگانی ایرانی بود که در سه مجلهٔ ایرانی حوزهٔ شیمی حداقل یک مدرک منتشر کرده‌اند. نتایج حاصل از تحلیل آنها نشان داد بین سنجه‌های مرکزیت رتبه، بینابینی، بردار ویژه و بینابینی جریان با بهره‌وری پژوهشگران شیمی ایران رابطه وجود دارد. نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون نشان داد سنجه‌های مرکزیت، قدرت پیش‌بینی بهره‌وری پژوهشگران شیمی ایران را دارند. همچنین نتایج حاکی از آن است که به‌طورکلی در شبکهٔ اجتماعی هم‌نویسندگی پژوهشگران شیمی ایران ارتباط‌های نسبتاً زیادی وجود دارد و از لحاظ سنجه‌های مرکزیت در مقایسه با سایر

رشته‌های علمی مثل سازمان و مدیریت، علم اطلاعات و برق و الکترونیک، در سطح نسبتاً بالایی قرار دارند.

«باجی و عصاره» (۱۳۹۳) در پژوهش خود به بررسی ساختار شبکهٔ هم‌تألیفی این مقاله‌ها در پایگاه وب‌آوساینس در سال‌های ۱۹۹۶-۲۰۱۱ پرداختند. آنها سنجه‌های مرکزیت شبکه را برای تفسیر بهتر روابط هم‌نویسندگی پژوهشگران و شناسایی افراد مؤثر در این حوزه به‌دست آوردند. جامعه پژوهش این افراد، تولیدات ثبت شده مربوط به کشور ایران با موضوع علوم اعصاب در پایگاه وب‌آوساینس شامل ۲۶۰۶ رکورد بود. نتایج این مطالعه نشان داد مقاله‌های ایران در حوزهٔ علوم اعصاب، روندی صعودی داشته و ضریب خوشه‌بندی و چگالی شبکهٔ هم‌تألیفی آن بالا بود. این شبکه دارای یک خوشهٔ اصلی متشکل از ۷۸/۲۱٪ کل شبکه بود. همچنین این حوزه بیشترین تبادل‌ها و همکاری را با داروسازی، روان‌پزشکی، علوم رفتاری، روان‌شناسی، فیزیولوژی، جراحی، کودکان و ارتوپدی داشت.

«خدادوست» (۱۳۹۰) در پایان‌نامه خود با استفاده از روش‌های تحلیل استنادی، هم‌تألیفی، هم‌وقوعی واژگان و تحلیل شبکه اجتماعی، وضعیت مقاله‌های نانو را بررسی کرد. جامعه آماری این مطالعه، کلّ مدارک نانوفناوری جهان در پایگاه وب‌آوساینس در سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۱ بود. یافته‌های این پژوهش نشان داد ایران بیشترین میزان مقاله‌های نانوفناوری را در میان کشورهای عضو سازمان همکاری اسلامی به خود اختصاص داده است. متوسط نرخ رشد سالانه انتشارات نانوفناوری ایران برای این سال‌ها ۷۶.۳۸٪ محاسبه شد. با توجه به شاخص همکاری، درجه همکاری و ضریب همکاری کلی، بیشتر نویسندگان نانوفناوری ایران به تولید مدارک علمی مشارکتی تمایل داشتند. یافته‌های این پژوهشگر نشان داد رابطه معناداری میان میزان انتشارات هر کشور و مشارکت علمی ایران با آن کشورها و همچنین میان میزان استناد به تولیدات نانوفناوری هر کشور و میزان مشارکت علمی ایران با آن کشورها وجود داشت. همچنین با توجه به ضریب همبستگی، رابطه میان میزان انتشارات هر کشور و مشارکت علمی ایران

با آن کشورها و میزان استناد به تولیدات نانوفناوری هر کشور و میزان مشارکت علمی ایران با آن کشورها شدید بود.

«درویش و تونتا»[1] (۲۰۱۶) پژوهشی را با هدف ارزیابی ساختار شبکه‌ای توزیع و جذب دانش فناوری نانو در میان پژوهشگران حوزه فناوری نانو کشور ترکیه با استفاده از تحلیل شبکه اجتماعی و شاخص‌های کتاب‌سنجی انجام دادند. در این مطالعه، تعداد ۱۰۰۶۲ رکورد متعلق به مقاله‌های این حوزه از پایگاه وب‌آوساینس که دارای حداقل یک نویسنده ترک بود، در بازهٔ زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ در دو مقطع شش‌ساله بررسی شد. آنها نویسندگان و دانشگاه‌های فعال و مشارکت‌کننده در سطوح بین‌المللی، مؤسسه‌ای و فردی را براساس مختصات شبکه (مرکزیت) مورد توجه قرار دادند. این دو پژوهشگر به این نتیجه رسیدند که تحقیق و توسعه در حوزه فناوری نانو در کشور ترکیه رو به افزایش بوده و جذب و توزیع این رشته به‌دلیل حمایت‌های روزافزون دولت و توجه به فناوری نانو به‌عنوان یک حوزهٔ راهبردی تقویت شده است. همچنین مشخص شد که پژوهشگران ترک، گرایش به همکاری با گروه‌ها و دانشگاه‌های خود دارند و بنابراین اتصال کلی این شبکه، پائین است. همچنین بروندادها و الگوهای همکاری آنها با قانون لوتکا منطبق است. همچنین آنها عمدتاً در زمینه کاربردهای فناوری نانو در زمینه علم مواد، شیمی و فیزیک فعالیت کرده‌اند. از نظر این پژوهشگران، شرایط موجود کشور ترکیه با روند جهانی در زمینهٔ تحقیق و توسعه در حوزه فناوری نانو متناسب است.

«برگمن و همکاران»[2] (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان «میان‌رشتگی؛ همکاری‌ها در علوم شناختی» شاخص جدیدی برای میان‌رشتگی معرفی کردند که مبتنی بر تاریخ انتشار هم‌تألیفی بود. از این نظر، یک مقالهٔ منتشرشده که نویسندگان مشترک داشت با تاریخ‌های نشر کاملاً متفاوت، می‌توانست «میان‌رشته» در نظر گرفته شود که بر این اساس، آن مقاله، همگرایی پژوهش قبلی را در مجموعه‌های متمایز از خروجی‌های نشر

1. Darvish, & Tonta.
2. Bergmann & Etal.

منعکس می‌کند. در این پژوهش که بیش از ۳۰۰ مقالهٔ مجله علوم شناختی از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ بررسی شد، پژوهشگران نشان دادند این مجله به همکاری با سایر رشته‌ها گرایش دارد و از این نظر، میان‌رشتگی نسبتاً بالایی داشت. آنها تشریح کردند که ابزارهای علم‌سنجی، روش‌های ارزشمندی برای ارزیابی نقش علوم شناختی در فعالیت‌های علمی وسیع‌تر ارائه داده و نیز ابزاری برای سنجش همکاری گروهی و شناخت توزیعی فراهم می‌کند.

«آبرامو، آنجلو و کاستا»[1] (۲۰۱۲) در پژوهشی با عنوان «شناسایی میان‌رشتگی از طریق رده‌بندی رشته‌ای تألیفات مشترک انتشارات علمی» درجهٔ همکاری میان دانشمندان رشته‌های مختلف را برای شناسایی پربسامدترین «ترکیبات دانشی» تحلیل کردند. آنها از رویکرد کتاب‌سنجی نوآورانه مبتنی بر وابستگی رشته‌ای انتشارات مشترک، بهره گرفتند. جامعه پژوهش شامل انتشارات نمایه شده در «نمایه پیشرفته استنادی علم» سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ متعلق به دانشمندان علوم (۴۳/۲۲۳) در ۶۸ دانشگاه ایتالیایی بود. این تحلیل، ۲۰۵ حوزهٔ پژوهشیِ گروه‌بندی شده در ۹ رشته که بیشترین ظرفیت میان‌رشتگی را داشتند، شناسایی کرد. پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که زیست‌شناسی، رشته‌ای است که بیشترین همکاری را با شیمی دارد. همکاری‌های میان‌رشته‌ای اغلب در میان حوزه‌های پزشکی انجام شده بود. ریاضیات و علوم رایانه و مهندسی اطلاعات و صنعتی رشته‌هایی بودند که در آنها کمترین سطحِ میان و فرارشتگی اتفاق افتاده بود.

«بلانکا»[2] (۲۰۰۹) پژوهشی را با عنوان «اندازه‌گیری پژوهش میان‌رشته‌ای: تحلیل هم‌تألیفی کارکنان پژوهشی در دانشگاه یورک» انجام داد. او در این مطالعه، فعالیت پژوهشگران گروه‌های آموزشی زیست‌شناسی و شیمی دانشگاه یورک را با بررسی مدارک دانشگاهی و توزیع آن و نیز ترجیح آنها برای مشارکت درون یا بیرون از حوزهٔ پژوهشی خود

1. Abramo, D'Angelo, & Costa.
2. Bellanca.

تشریح کرد. این پژوهشگر دریافت که پژوهشگران گروه آموزشی زیست‌شناسی (۵۰ پژوهشگر)، با همکاران گروه آموزشی خود، نسبت به آنهایی که در گروه آموزشی شیمی (۴۵ پژوهشگر) بودند، مشارکت کمتری داشتند؛ به‌نحوی که میانگین تعداد ارتباطات هر پژوهشگر با دیگران در شبکه همکاری زیست‌شناسی ۲/۶ و برای شیمی ۴/۸ برای هر پژوهشگر بود. وی همچنین دریافت که پژوهشگران گروه آموزشی شیمی احتمال بیشتری دارد به نسبت مشارکت با همکاران خود، با پژوهشگر دیگری در زیست‌شناسی همکاری داشته باشند. نتایج این پژوهش نشان داد پیوندهای بسیاری از انفورماتیک زیستی و ریاضیات و کانون‌های زیست‌شیمی و زیست‌فیزیک به دیگر کانون‌ها وجود داشت. به این مفهوم که پژوهش‌های کارکنان این حوزه‌ها میان‌رشته‌ای بوده و نمایانگر نقش آنها در تأمین فنون و یا ابزارهای قابل استفاده در میان مرزهای رشته‌ای بود.

«شان، کرولی و اوکادا»[1] (۲۰۰۵) در پژوهشی میزان میان‌رشتگی مجله علوم شناختی را ارزیابی کردند. آنها این سنجش را از سه طریق انجام دادند: مشارکت هر رشته با استفاده از تحلیل وابستگی نویسندگان مقاله‌ها؛ تحلیل مراجع موجود در مقاله‌ها و سوم، استفاده از روش‌های خاص هر رشته و مقایسه با تحلیل روش‌های اصلی مورد استفاده هر رشته. برای این منظور، مقاله‌های منتشرشده در مجله فوق از سال‌های ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۲ بررسی شد. برای بررسی مشارکت نویسندگان، وابستگی گروهی نویسندگان اول همهٔ مقاله‌ها شناسایی و استخراج شد. این بررسی نشان داد پژوهشگران حوزهٔ علوم رایانه بیشترین سهم را در تولید مقاله داشتند، اما به مرور این جایگاه به روان‌شناسان اختصاص پیدا کرد. کمترین میزان مشارکت نیز متعلق به دانشمندان حوزه فلسفه، زبان‌شناسی و علوم اعصاب بود.

شایان ذکر است، در جستجوهای تخصصی، پژوهشی در سطح ملی و بین‌المللی که به بررسی ابعاد مختلف و روابط میان حوزه فناوری‌های نانو، زیستی، اطلاعات و شناختی از دیدگاه علم‌سنجی پرداخته باشد، یافت نشد. به‌این‌ترتیب، پیشینه‌هایی که

1. Schunn, Crowley & Okada.

به سنجش میان‌رشتگی هر کدام از حوزه‌ها به‌تنهایی نیز پرداخته باشد در پیشینه‌ها مورد توجه قرار گرفت. تحلیل پیشینه‌های مرتبط نشان داد عمده پژوهش‌های صورت‌گرفته به ارزیابی تعامل یک حوزهٔ خاص مانند نانو با سایر رشته‌ها پرداخته و هیچ‌کدام به‌دنبال این نبوده‌اند که وضعیت حوزه‌ها و اشتراک‌های حوزه‌های تشکیل‌دهندهٔ فناوری‌های همگرا را بررسی کنند. به‌این‌ترتیب، خلأ پژوهشی در رابطه با تعیین روابط میان‌رشته‌ای حوزه‌های چهارگانه به‌ویژه در سطح بروندادهای علمی متعلق به کشور ایران بیش از پیش مشخص شد. این پژوهش از آنجاکه تعاملات چند حوزهٔ مرتبط به هم را بررسی کرده و با رویکرد علم‌سنجی، همزمان چند شاخص را مورد استفاده قرار می‌دهد، دارای نوآوری است.

روش پژوهش

این پژوهش به لحاظ هدف کاربردی است و از فنون و ابزارهای علم‌سنجی استفاده می‌کند. برای توصیف و تحلیل روابط میان‌رشته‌ای در چهار حوزهٔ مورد مطالعه، از فنّ هم‌تألیفی بهره گرفته شد. برای استخراج نویسندگان و پاسخ به پرسش‌های پژوهش از نرم‌افزار مصورسازی و علم‌سنجی «وی.او.اس. ویوور[1]» استفاده شد. به‌منظور بررسی همپوشانی‌ها و موارد تکراری در حوزه‌ها، از قابلیت‌های نرم‌افزار صفحه‌گستر اکسل[2] ۲۰۱۳ بهره گرفته شد. از نرم‌افزار تحلیل آماری «اس. پی. اس. اس.»[3] برای محاسبه فراوانی‌ها استفاده شد. از نرم‌افزار آنلاین تحت وب، «دراو»[4] به منظور طراحی گراف و درخت‌های پوشا بهره گرفته شد.

در اولین گام و پیش از هر کاری، لازم بود مقاله‌های مرتبط با حوزه‌های مورد مطالعه در دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ مربوط به ایران بازیابی شود. لازم به ذکر است، مفهوم فناوری‌های

1. VOS viewer.
2. Excel.
3. SPSS.
4. https://www.draw.io/.

همگرا از سال ۲۰۰۰ به بعد رواج پیدا کرد؛ به‌این‌ترتیب ۲۰۰۱ به بعد مبنای مطالعه روابط میان‌رشته‌ای قرار گرفت.

ازآنجاکه حوزه نانو، رده موضوعی مستقلی در پایگاه استنادی اسکوپوس ندارد، به‌منظور بازیابی مقاله‌های مرتبط با این حوزه لازم است روش متفاوتی برای این‌کار در پیش گرفته شود. در همین رابطه، دستورالعمل جامعی از جانب چند پژوهشگر ایرانی ارائه شده که کارایی آن در این رابطه مورد تأیید قرار گرفته است و نتایج آن به‌عنوان یک مقالهٔ پژوهشی با عنوان:«یک دستورالعمل جستجوی واژگانی جامع و مختصر برای تعیین انتشارات نانوفناوری» در مجله علم‌سنجی[1] در سال ۲۰۱۱ به چاپ رسیده[2]، مبنای نظر قرار گرفت. این فرمول عبارت است از:

((nano* not nano2 not nano3 not nanog not nanosecond* not nanomol* not nanogram* not nanoplankton*) OR ("atom* scale") OR ("atomic layer deposition*") OR ("giant magnetoresist*") OR (graphen*) OR (dendrimer*) OR (fulleren*) OR ("c-60") OR ("langmuir blodgett*") OR (mesopor*) OR ("molecul* assembl*") OR ("molecul* wire*") OR ("porous silicon*") OR ("quantum dot*") OR ("quantum well*") OR ("quantum comput*") OR ("quantum wire*") OR (qubit*) OR ("self assembl*") OR (supramolecul*) OR (supermolecul*) OR ("ultrathin film*") OR ("ultra thin film*")) AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Iran"))

برای بازیابی مقاله‌های مربوط به حوزه فناوری زیستی از دسته‌بندی پایگاه اسکوپوس با عنوان «زیست‌شیمی، ژنتیک، زیست‌شناسی ملکولی»[3] (BIOC) استفاده شد. مطابق تعریف‌های استاندارد و به‌ویژه مسائل مطرح در متون مرتبط با بحث همگرایی علوم و فناوری، زیرشاخه‌های مطرح در این دسته‌بندی، موارد کلان مورد نظر این ادبیات را پوشش می‌دهد.

برای مقاله‌های مرتبط با حوزه فناوری اطلاعات از دسته‌بندی موضوعی متعلق به

---

1. Scientometrics.
2. Maghrebi, M., Abbasi, A., Amiri, S., Monsefi, R. & Harati, A. (2011). A collective and abridged lexical query for delineation of nanotechnology publications. Scientometrics, 86, 15–25.
3. Biochemistry, Genetics and Molecular Biology.

اسکوپوس که با عنوان«علوم رایانه[1]» (COMP) مطرح شده، استفاده گردید. شایان ذکر است، این دسته‌بندی و شاخه‌های فرعی آن با تعریف کلّی و عمومی از فناوری اطلاعات و نیز ابعادی که از این حوزه در بحث‌ها و متون مربوط به میان‌رشتگی مدّ نظر است، ارتباط بالایی دارد.

برای حوزه علوم شناختی در پایگاه استنادی اسکوپوس، یک دسته موضوعی به نام «علوم اعصاب[2]» (NEUR) وجود دارد. از آنجاکه در منابع مربوط به بحث همگرایی علوم و فناوری، وجه علوم اعصاب شناختی این حوزه بیشتر مورد تأکید قرار گرفته است، دسته‌بندی فوق مبنای بازیابی مقاله‌های مرتبط با این حوزه قرار گرفت.

جامعهٔ آماری این پژوهش، کلیهٔ مقاله‌های بین‌المللی ایرانیان به زبان انگلیسی در قالب مقاله در چهار حوزه فناوری‌های نانو، زیستی، شناختی و اطلاعات مربوط به سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ است که در پایگاه استنادی بین‌المللی اسکوپوس نمایه شده است. اطلاعات کتاب‌شناختی در قالب فایل اکسل در تاریخ ۶ سپتامبر ۲۰۱۶ میلادی مطابق با ۱۶ شهریور ۱۳۹۵ش، از این پایگاه استخراج و ذخیره شد. از آنجاکه کلّ مقاله‌ها در این مقاله بررسی شد، نمونه‌گیری انجام نشد. بر این اساس، حجم جامعه مورد مطالعه به شرح جدول ۱ است:

جدول ۱. جامعه مورد مطالعه

ردیف	حوزه‌ها	تعداد رکوردها
۱	فناوری نانو	۲۱۳۹۳
۲	فناوری زیستی	۲۷۵۷۸
۳	فناوری اطلاعات	۱۶۳۵۸
۴	علوم شناختی	۳۵۳۵

برای اجرا و تحلیل فنّ هم‌تألیفی، در گام اول نقشهٔ هم‌رخدادی نویسندگان مقاله‌های

1. Computer Science.
2. Neuroscience .

هر حوزه به‌طور جداگانه با استفاده از نرم‌افزار وی.او.اس.ویوور ترسیم شد. سپس با استفاده از فایل خروجی نرم‌افزار، نام نویسندگان و تعداد انتشارات هر کدام از آنها استخراج گردید. به‌این‌ترتیب، چهار ماتریس دوبُعدی در نرم‌افزار اکسل تشکیل شد که ردیف‌های آنها نام نویسندگان مربوط به یک حوزهٔ خاص بود و ستون‌ها نیز تعداد تألیفات آن پژوهشگر در آن حوزه را دربرمی‌گرفت. در واقع این ماتریس‌ها از نوع ماتریس وزن‌دهی شده بود زیرا از یک طرف حضور یا عدم حضور یک نویسنده را در سایر حوزه‌ها مشخص می‌کرد و از طرف دیگر میزان حضور هر نویسنده (تعداد انتشارات) را نیز مورد توجه قرار می‌داد.

در مرحلهٔ بعد، اسامی نویسندگان استانداردسازی شد زیرا افراد، نام خود را در مقاله‌های مختلف به شکل‌های متفاوت ثبت کرده بودند. دربارهٔ اسامی یکتا با املاهای متفاوت و نیز شکل‌های اختصاری و کامل با استفاده از جستجو و مرور چشمی، شناسایی و یکتاسازی انجام گرفت. در مواردی که به رفع ابهام نیاز بود، اقدام شد. به‌طور نمونه، دربارهٔ abedi m.r. که به شکل abedi mr. و abedi m. نیز در مقاله‌های مختلف درج شده بود. به‌منظور یک‌دست‌کردن آنها، پس از رجوع به عنوانِ مقاله‌های این فرد و اطمینان از یکی بودن این نویسنده، فرمتی که دارای بالاترین میزان تکرار بود مبنا قرار گرفت و سایر شیوه‌های درج نویسنده، به آن صورت تغییر یافت. در مثال بالا abedi m.r. مبنا قرار گرفت. در همین رابطه، وابستگی سازمانی نویسندگان به‌عنوان ابزار کنترلی نام افراد، مورد استفاده بود.

این نام‌ها در فایل اکسل به صورت دو به دو برای حالت‌های مختلف چهار حوزه، مورد مقایسه قرار گرفت. برای ترکیب‌های سه‌گانهٔ حوزه‌ها نیز به همین صورت اقدام و نتایج آن به‌صورت تعداد و نسبت و درصد بین حوزه‌ها گزارش شد. از آنجاکه در این پژوهش، قصد ما قضاوت ارزشی (به‌معنای بالا یا پایین‌بودن میزان مشارکت در حوزه‌ها) نبود و هدف، ارائه توصیف از وضعیت ورود نویسندگان یک حوزه به سایر حوزه‌ها بود، نقطهٔ برش در نظر گرفته نشد. به‌این‌ترتیب، حاصل ماتریس‌های دوبُعدی و تطبیق آنها با

هم «تعداد نویسندگان مشترک»، «مجموع فراوانی نویسندگان (تعداد انتشارات)»، «درصد از کل نویسندگان یک حوزه» بود که به‌صورت جداگانه گزارش شد.

تطبیق نویسندگان و پژوهشگران هر حوزه با همدیگر و تعیین حضور نویسندهٔ یک رشتهٔ خاص در سایر رشته‌ها، نشان‌دهندهٔ میزان مشارکت پژوهشگران، موقعیت‌ها و زیرساخت‌های لازم برای همکاری در تولید مقاله به‌صورت مشترک و در حقیقت نزدیک‌شدن رشته‌های مورد نظر به هم است. به‌این‌ترتیب، با اجرای این تکنیک شناسایی زمینه‌های همکاری مشترک بین پژوهشگران و ظرفیت همگرایی در سطح تألیف در چهار حوزه مورد مطالعه محقق شد.

شاخص‌های مورد استفاده

ضریب هم‌تألیفی

به‌منظور شناسایی ظرفیت‌های تألیف در ترکیب‌های دوگانه و سه‌گانه، از شاخص ضریب هم‌تألیفی استفاده شد. پس از شناسایی تعداد نویسندگانی که در تألیف مقاله‌های دو یا چند حوزه مشارکت داشته‌اند، تعداد نویسندگان مشترک دو یا سه حوزه بر مجموع تعداد نویسندگان هر دو یا سه حوزه تقسیم و ضریب هم‌تألیفی حاصل شد (آجیفروک، بورل و تاژ[1]، ۱۹۸۸). با تحلیل این شاخص می‌توان دریافت که در کدام یک از ترکیب‌های دو یا سه‌گانه از حوزه‌های مورد مطالعه، ظرفیت همکاری بین پژوهشگران مختلف وجود دارد.

تعاملات بیرونی و درونی پژوهشگران

شاخص دیگری که اطلاعات مفیدی دربارهٔ هم‌پوشانی و ارتباطات حوزه‌ها ارائه می‌دهد، میزان تعاملات بیرونی و درونی نویسندگان یک حوزه به سایر حوزه‌هاست. منظور از تعاملات بیرونی پژوهشگران، درصدی از نویسندگان مقاله‌های یک حوزه است که در

1. Ajiferuke, Burell & Tague.

مقاله‌های سایر حوزه‌ها نیز مشارکت داشته‌اند و مقصود از تعاملات درونی پژوهشگران، درصدی از نویسندگان مقاله‌های سایر حوزه‌هاست که در تألیف مقاله‌های یک حوزه نیز مشارکت داشته‌اند. این شاخص، برای اولین بار به این صورت مطرح و مورد استفاده قرار گرفت و در ادبیات مرتبط با حوزه علم‌سنجی مطرح نشده بود. در این پژوهش نیاز بود که وضعیت نویسندگان یک رشته در قبال مشارکت با سایر رشته‌ها مشخص شود. به‌این‌ترتیب، نیاز به وجود چنین شاخصی در این پژوهش احساس شد. بر این اساس، شاخص تعاملات درونی پژوهشگران برای یک حوزهٔ خاص از مجموع تألیفات مشترک سایر حوزه‌ها با این حوزه تقسیم بر کلّ نویسندگان این حوزه ضرب در ۱۰۰، حاصل شده است. شاخص تعاملات بیرونی پژوهشگران برای یک حوزه نیز از مجموع تألیفات مشترک این حوزه با سایر حوزه‌ها تقسیم بر کل نویسندگان این حوزه ضرب در ۱۰۰ به‌دست آمده است. از تقسیم شاخص تعاملات درونی پژوهشگران تقسیم بر شاخص تعاملات بیرونی پژوهشگران، چهار حالت پدید می‌آید: اگر این نسبت صفر باشد، نشان می‌دهد که در آن حوزه هیچ مراوده‌ای از حیث جابه‌جایی پژوهشگران بین دو حوزه اتفاق نیفتاده است. اگر این عدد بین صفر و یک باشد، بیانگر این نکته است که همکاری پژوهشگران آن حوزه در سایر حوزه‌ها کمتر از همکاری پژوهشگران سایر حوزه‌ها با آن حوزه است. اگر این عدد، دقیقاً یک باشد، نشان می‌دهد به همان نسبت که نویسندگان مقاله‌های یک حوزه خاص به سایر حوزه‌ها وارد شده‌اند، نویسندگان مقاله‌های حوزه‌های دیگر نیز در تدوین مقاله‌های آن حوزه خاص مشارکت داشته‌اند. اگر این نسبت، عددی بیش از یک باشد بیانگر این نکته است که مشارکت پژوهشگران آن حوزه در تدوین مقاله‌های سایر حوزه‌ها بیش از ورود پژوهشگران از سایر حوزه‌ها به آن حوزه است.

شاخص شمول (دربردارندگی)

شاخص شمول یا دربردارندگی، یک روش «شباهت‌سنجی نامتقارن»[1] است که

1. Asymmetric similarity metric.

شباهت یک مجموعه فرضی به نام الف را به مجموعه فرضی ب، متفاوت از شباهت ب به الف می‌داند. برای محاسبهٔ شاخص دربردارندگی، از فرمول زیر استفاده می‌شود (کین[1]، ۲۰۰۰):

$$Inc\ B, C = 100 * A/M$$

در این فرمول، A برابر با تعداد اصطلاحات مشابه (یا هر مورد مشترک مانند استناد) بین دو مجموعه است و M نماینده تعداد اصطلاحاتی است که در مجموعه B وجود دارد ولی در مجموعه C موجود نیست. نتیجه تقسیم تعداد اجزای مشترک دو مجموعه بر تعداد کل یک مجموعه، همیشه عددی بین صفر و یک خواهد بود که صفر به این معناست که هیچ شباهتی بین دو مجموعه مورد مقایسه وجود ندارد و عدد یک، نمایانگر مشابهت کامل دو مجموعه مورد بررسی از نظر وجود اجزای تشکیل‌دهندهٔ آنهاست. اگر عدد حاصل شده، در ۱۰۰ ضرب شود، درصد شباهت به دست می‌آید.

نظریه گراف

در ریاضیات و علوم رایانه، نظریه گراف[2] مطالعه گراف‌هایی است که براساس ساختار ریاضی در مدل‌های روابط دو به دو بین شیءها استفاده می‌شود. یک گراف از گره و خطوطی به نام لبه یا یال که آنها را به یکدیگر وصل می‌کند، تشکیل شده است. تعریف دقیق‌تر گراف به این صورت است، که گراف مجموعه‌ای از رأس‌هاست که از طریق خانواده‌ای از زوج‌های مرتب که همان یال‌ها هستند، به هم مرتبط شده‌اند (گریمالدی، ۱۳۷۹). گراف ارائه شده، بر مبنای درصد حضور نویسندگان یک حوزه در سایر حوزه‌ها ترسیم شد.

1. Qin.
2. Graph Theory.

درخت پوشای بیشینه[1]

در رشتهٔ ریاضیات و در زیرشاخه نظریه گراف، یک درخت پوشا T، از گراف همبند و بدون جهت G درختی است که شامل تمام رئوس و حداقل برخی یال‌ها می‌شود. درخت پوشای بیشینه گراف همبند G را می‌توان این‌گونه تعریف کرد: مجموعه‌ای حداکثری از یال‌های G که هیچ دوری در آن وجود ندارد (دیستل۲، ۲۰۰۵: ۱۳). بر مبنای گراف ارائه شده، شبکه ارتباطی حاوی دارای بالاترین درصد نویسندگان مشترک، به‌عنوان درخت پوشای بیشینه در نظر گرفته شد.

درخت پوشای کمینه[3]

درخت پوشای کمینه گراف همبند G این‌گونه تعریف می‌شود: مجموعه‌ای حداقلی از یال‌های G که همه رئوس را به یکدیگر متصل می‌کند (دیستل، ۲۰۰۵: ۱۳). درخت پوشای بیشینه بر اساس شبکه ارتباطی حاوی دارای پایین‌ترین درصد نویسندگان مشترک، ترسیم شد.

یافته‌ها

در ابتدا وضعیت تولیدات و همکاری‌های علمی ارائه و سپس وضعیت هم‌نویسندگی در حوزه‌ها به صورت ترکیب دو به دو و هم‌پوشانی نویسندگان به صورت ترکیب دو به دو بر اساس شاخص شمول گزارش می‌شود. در ادامه، میزان تعاملات بیرونی و درونی پژوهشگران و نسبت این دو شاخص و ضریب هم‌تألیفی بین حوزه‌ها به صورت ترکیب دو به دو و نیز ترکیب سه‌تایی ارائه می‌شود. در پایان، روابط هم‌تألیفی نویسندگان چهار حوزه بر اساس نظریه گراف به نمایش درآمده و بر اساس آن، قوی‌ترین ارتباط و هم‌پوشانی و ضعیف‌ترین ارتباط و هم‌پوشانی بین آنها گزارش می‌شود.

---

1. Maximum spanning tree.
2. Diestel.
3. Minimum spanning tree.

بررسی وضعیت کلی تولیدات و همکاری‌های علمی در حوزه‌های چهارگانه

وضعیت تولیدات و همکاری‌های علمی در هریک از حوزه‌های چهارگانه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. وضعیت تولیدات و همکاری‌های علمی

ردیف	حوزه	کل تولیدات	تعداد نویسندگان بدون تکرار	کل‌نویسندگان با تکرار	تعداد نویسنده به ازای هر مقاله	تعداد همکاری‌های خارجی	درصد مشارکت با افراد خارجی
۱	نانو	۲۱۳۹۳	۲۲۵۹۹	۷۴۳۰۹	۳.۵	۵۳۸۳	۷.۲
۲	زیستی	۲۷۴۶۹	۵۰۲۷۶	۱۲۴۸۹۳	۴.۵	۸۹۱۳	۷.۱
۳	اطلاعات	۱۶۳۵۸	۱۹۵۵۴	۴۶۲۹۷	۲.۸	۴۷۴۶	۱۰.۲
۴	شناختی	۳۵۳۵	۸۳۶۸	۱۷۱۱۹	۴.۸	۱۲۶۴	۷.۴

مطابق داده‌های این جدول، بالاترین تعداد نویسنده به ازای هر مقاله مربوط به حوزه «شناختی» و پایین‌ترین نسبت نیز به حوزه «اطلاعات» اختصاص داشته است. بالاترین تعداد نویسنده همکار خارجی در حوزه «زیستی» و پایین‌ترین تعداد مربوط به حوزه «شناختی» بوده است. بیشترین درصد همکاری با پژوهشگران خارجی متعلق به حوزه «اطلاعات» بوده و سایر حوزه‌ها از این حیث به هم نزدیک هستند.

بررسی کلی میزان اشتراک در نویسندگان در ترکیب دو به دوی حوزه‌ها

تعیین میزان اشتراک در نویسندگان در ترکیب دو به دوی حوزه‌ها، گام بعدی در این بخش است. جدول ۳، اطلاعات مربوط به این مورد را به تصویر می‌کشد. شایان ذکر است، در این جدول، ابتدا تعداد نویسندگان مشترک بین دو حوزه گزارش شده و سپس به‌طور جداگانه میزان رخداد هر نویسنده محاسبه و سهم آنها از کلّ نویسندگان در هریک از حوزه‌ها، محاسبه و ارائه شد.

جدول ۳ . وضعیت هم‌نویسندگی در حوزه‌ها به‌صورت ترکیب دو به دو

ترکیب‌ها	تعداد نویسندگان مشترک	حوزه اول	مجموع فراوانی نویسندگان	درصد از کل نویسندگان	حوزه دوم	مجموع فراوانی نویسندگان	درصد از کل نویسندگان
نانو- شناختی	۱۴۹۴	نانو	۴۳۷۳	۵.۸	شناختی	۲۷۷۴	۱۶.۲
نانو- زیستی	۹۴۷۸	نانو	۵۰۱۳۱	۶۷.۴	زیستی	۵۰۹۱۵	۴۰.۷
نانو- اطلاعات	۴۱۳۰	نانو	۲۸۴۱۶	۳۸.۲	اطلاعات	۱۴۴۳۴	۳۱.۲
اطلاعات- شناختی	۱۴۹۴	اطلاعات	۹۹۷۲	۲۱.۵	شناختی	۴۱۴۰	۲۴.۲
اطلاعات - زیستی	۵۳۷۲	اطلاعات	۶۲۶۲	۱۳.۵	زیستی	۱۰۹۰۵	۸.۷
شناختی - زیستی	۱۳۴۳	شناختی	۴۱۷۶	۲۴.۳	زیستی	۱۰۵۳۵	۸.۴

به این ترتیب، مشخص شد که بیشترین تعداد نویسنده مشترک در ترکیب «نانو- زیستی» و کمترین تعداد نیز مربوط به ترکیب دو حوزه «شناختی - زیستی» است.

بررسی میزان هم‌پوشانی حوزه‌ها به صورت دو به دو بر اساس نویسندگان مشترک

در مرحله بعد، هم‌پوشانی حوزه‌ها براساس نویسندگان مشترک و از طریق شاخص شمول محاسبه شد که اطلاعات مربوط به آن در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴ .هم‌پوشانی نویسندگان به صورت ترکیب دو به دو براساس شاخص شمول

ترکیب‌ها	حوزه اول	امتیاز شاخص شمول	حوزه دوم	امتیاز شاخص شمول
نانو- شناختی	نانو	۲.۰۱	شناختی	۸.۷۲
نانو- زیستی	نانو	۱۲.۷۵	زیستی	۶.۶۳
نانو- اطلاعات	نانو	۵.۵۵	اطلاعات	۸.۹۲
اطلاعات - شناختی	اطلاعات	۳.۲۲	شناختی	۸.۷۲
اطلاعات - زیستی	اطلاعات	۱۱.۶۱	زیستی	۴.۳۱
شناختی - زیستی	شناختی	۷.۸	زیستی	۱.۰۷

بر این اساس، در ترکیب «نانو- شناختی» شاخص شمول برای حوزه نانو، ۲.۰۱ و برای حوزه شناختی عدد ۸.۷۲ به دست آمد. در ترکیب «نانو- زیستی»، امتیاز این شاخص برای حوزه نانو ۱۲.۷۵ و برای حوزه زیستی ۶.۶۳ به دست آمد. در ترکیب «نانو ـ اطلاعات»، شاخص شمول برای حوزه نانو عدد ۵.۵۵ و برای حوزه اطلاعات ۸.۹۲ حاصل شد. میزان این شاخص در ترکیب «اطلاعات ـ شناختی»، برای حوزه اطلاعات ۳.۲۲ و برای حوزه شناختی ۸.۷۲ بود. در ترکیب «اطلاعات ـ زیستی»، شاخص شمول برای حوزه اطلاعات عدد ۱۱.۶۱ و برای حوزه زیستی ۴.۳۱ بود. در آخرین ترکیب یعنی «شناختی ـ زیستی»، این شاخص برای حوزه شناختی ۷.۸ و برای حوزه زیستی ۱.۰۷ حاصل شد.

شاخص ضریب هم‌تألیفی بین حوزه‌ها به صورت ترکیب دو به دو

جدول ۵. ضریب هم‌تألیفی بین حوزه‌ها به صورت ترکیب دو به دو

ترکیب‌ها	ضریب هم‌تألیفی
نانو- شناختی	۰.۰۴
نانو- زیستی	۰.۱۳
نانو- اطلاعات	۰.۰۹
اطلاعات - شناختی	۰.۰۵
اطلاعات - زیستی	۰.۰۷
شناختی - زیستی	۰.۰۲

محاسبه ضریب هم‌تألیفی بین حوزه‌ها به صورت ترکیب دو به دو نیز در گام بعدی انجام شد و داده‌های آن در جدول ۵ به نمایش درآمد. بر این اساس، بالاترین ضریب هم‌تألیفی به ترتیب برای ترکیب‌های دو حوزه «نانو ـ زیستی»، «نانو ـ اطلاعات»، «اطلاعات ـ زیستی»، «اطلاعات ـ شناختی»، «نانو ـ شناختی» و در نهایت برای ترکیب «شناختی ـ زیستی» حاصل شد.

هم‌پوشانی حوزه‌ها به صورت ترکیب‌های سه‌گانه بر اساس نویسندگان مشترک

در جدول ۶، وضعیت هم‌نویسندگی در حوزه‌ها به صورت ترکیب سه‌تایی به نمایش درآمده است.

جدول ۶. وضعیت هم‌نویسندگی در حوزه‌ها به صورت ترکیب سه‌تایی

ترکیب ها	تعداد نویسندگان مشترک	حوزه اول	مجموع فراوانی نویسندگان	درصد از کل نویسندگان	حوزه دوم	مجموع فراوانی نویسندگان	درصد از کل نویسندگان	حوزه سوم	مجموع فراوانی نویسندگان	درصد از کل نویسندگان
نانو- شناختی - زیستی	۱۳۴۲	نانو	۹۸۰۴	۱۳.۲	شناختی	۴۱۶۹	۲۴.۳	زیستی	۱۰۵۲۹	۸.۴
نانو- اطلاعات - زیستی	۲۷۸۱	نانو	۱۱۲۹۶	۱۵.۲	اطلاعات	۱۵۸۳۶	۱۲.۷	زیستی	۲۴۳۳۸	۱۹.۵
اطلاعات- شناختی - زیستی	۱۱۸۹	اطلاعات	۳۶۶۴	۷.۹	شناختی	۶۶۳۴	۳۸.۷	زیستی	۱۴۳۱۴	۱۱.۵
شناختی - نانو- اطلاعات	۷۸۹	شناختی	۵۱۹۹	۳۰.۴	نانو	۷۷۵۰	۱۰.۴	اطلاعات	۲۵۵۹	۵.۵

به‌این‌ترتیب، مشخص شد که بیشترین نویسنده مشترک در ترکیب سه‌گانه «نانو- اطلاعات - زیستی» و کمترین نویسنده مشترک نیز در «شناختی - نانو- اطلاعات» وجود دارد.

بررسی شاخص ضریب هم‌تألیفی بین حوزه‌ها به صورت ترکیب‌های سه‌گانه

داده‌های مربوط به محاسبه ضریب هم‌تألیفی در ترکیب‌های سه‌تایی در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷ . ضریب هم‌تألیفی در ترکیب‌های سه‌تایی از حوزه‌ها

ترکیب‌ها	ضریب هم‌تألیفی
نانو- شناختی - زیستی	۰.۰۲۵
نانو- اطلاعات - زیستی	۰.۰۳۰
اطلاعات - شناختی - زیستی	۰.۰۱۵
شناختی - نانو- اطلاعات	۰.۰۱۵

براین اساس، بالاترین ضریب هم‌تألیفی به ترتیب متعلق است به ترکیب‌های سه‌گانه «نانو- اطلاعات - زیستی» و «نانو- شناختی - زیستی». نکته جالب توجه این‌که این شاخص برای دو ترکیب «اطلاعات - شناختی - زیستی» و «شناختی - نانو- اطلاعات» به یک اندازه است.

میزان تعاملات بیرونی و درونی پژوهشگران

از جمله شاخص‌هایی که درمورد هم‌پوشانی و ارتباطات حوزه‌ها، اطلاعات مؤثری از بُعد پدیدآورندگان مقاله‌ها ارائه می‌دهد، میزان تعاملات بیرونی و درونی نویسندگان یک حوزه با سایر حوزه‌هاست. منظور از تعاملات بیرونی پژوهشگران، درصدی از نویسندگان مقاله‌های یک حوزه است که در مقاله‌های سایر حوزه‌ها نیز مشارکت داشته‌اند و مقصود از تعاملات درونی پژوهشگران، درصدی از نویسندگان مقاله‌های سایر حوزه‌هاست که در تألیف مقاله‌های یک حوزه نیز مشارکت داشته‌اند.

جدول ۸. میزان تعاملات درونی و بیرونی پژوهشگران

حوزه‌ها	تعاملات درونی	تعاملات بیرونی	نسبت تعاملات درونی و بیرونی
نانو	۹۱.۶	۱۱۱.۵	۰.۸۲
زیستی	۴۸.۵	۱۷.۲	۲.۸
اطلاعات	۹۳.۹	۶۶.۲	۱.۴
شناختی	۵۸.۲	۶۴.۸	۰.۸۹

براساس داده‌های مندرج در جدول ۸، شاخص تعاملات درونی پژوهشگران برای حوزه نانو که از مجموع تألیفات مشترک سایر حوزه‌ها با این حوزه تقسیم بر کل نویسندگان این حوزه حاصل شده، عدد ۹۱.۶ را نشان می‌دهد. شاخص تعاملات بیرونی پژوهشگران برای حوزه نانو نیز از مجموع تألیفات مشترک این حوزه با سایر حوزه‌ها تقسیم بر کل نویسندگان این حوزه حاصل شده، عدد ۱۱۱.۵ بوده است. نسبت این دو عدد ۰.۸۲ بوده و بیانگر این نکته است که میزان ورود پژوهشگران این حوزه به سایر حوزه‌ها بیش از ورود پژوهشگران دیگر حوزه‌ها به این حوزه بوده است.

شاخص تعاملات درونی پژوهشگران برای حوزه زیستی ۴۸.۵ و شاخص تعاملات بیرونی پژوهشگران برای این حوزه ۱۷.۲ است. نسبت این دو عدد ۲.۸ بوده و بیانگر این نکته است که میزان ورود پژوهشگران این حوزه به سایر حوزه‌ها کمتر از ورود پژوهشگران دیگر حوزه‌ها به این حوزه بوده است.

شاخص تعاملات درونی پژوهشگران برای حوزه اطلاعات ۹۳.۹ و شاخص تعاملات بیرونی پژوهشگران برای این حوزه ۶۶.۲ است. نسبت این دو عدد ۱.۴ بوده و بیانگر این نکته است که میزان ورود پژوهشگران این حوزه به سایر حوزه‌ها کمتر از ورود پژوهشگران دیگر حوزه‌ها به این حوزه بوده است.

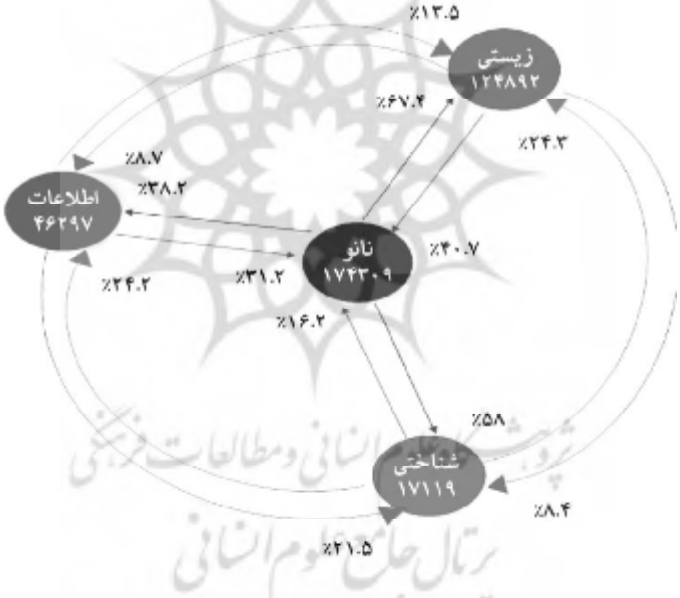
شاخص تعاملات درونی پژوهشگران برای حوزه شناختی ۵۸.۲ و شاخص تعاملات بیرونی پژوهشگران برای این حوزه ۶۴.۸ است. نسبت این دو عدد ۰.۸۹ بوده و بیانگر این نکته است که میزان ورود پژوهشگران این حوزه به سایر حوزه‌ها بیش از ورود پژوهشگران دیگر حوزه‌ها به این حوزه بوده است.

روابط هم‌تألیفی نویسندگان چهار حوزه بر اساس نظریه گراف

گام بعدی که برای محاسبه میزان مشابهت چهار مجموعه از مقاله‌های نانو، زیستی، اطلاعات و شناختی پیش‌بینی و اجرا شد، بهره‌گیری از نظریه گراف در این ارتباط بود. شبکه نمایش داده شده در شکل ۱، یک گراف جهت‌دار و وزن‌دار است که روابط

هم‌تألیفی بین چهار حوزه نانو، زیستی، اطلاعات و شناختی را بازنمایی کرده است. وزن هر یال جهت‌دار، درصدی از نویسندگان آن حوزه را نمایش می‌دهد که در مقاله‌های رأس (یا حوزه) مقصد نیز مشارکت داشته‌اند. شبکه نمایش داده شده، اطلاعات مفیدی درباره میزان هم‌پوشانی این چهار حوزه از منظر نویسندگان مشترک، ارائه می‌دهد. به‌عنوان نمونه، مشخص می‌شود که ۶۷.۴٪ پژوهشگران حوزه نانو در مقاله‌های حوزهٔ زیستی نیز حضور داشته‌اند. پایین‌ترین میزان حضور نویسندگان مشترک نیز بین دو حوزه نانو و شناختی اتفاق افتاده است.

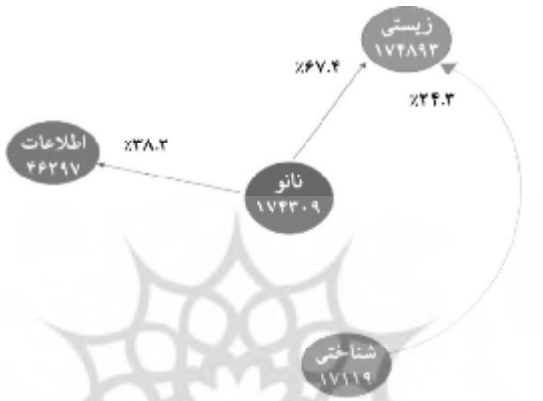
ارتباطات و هم‌پوشانی این چهار حوزه، شبکه موجود در تصویر را از چند زاویه دیگر نیز می‌توان مورد بررسی قرار داد.



شکل ۱. شبکه ارتباطی چهار حوزه نانو، اطلاعات و شناختی
براساس همکاری علمی قوی‌ترین ارتباط و هم‌پوشانی

درخت پوشای بیشینه، قوی‌ترین ارتباط و هم‌پوشانی بین چهار حوزه را براساس میزان نویسندگان مشترک و به نوعی ستون فقرات شبکه نمایش می‌دهد. چنانکه از گراف مندرج در

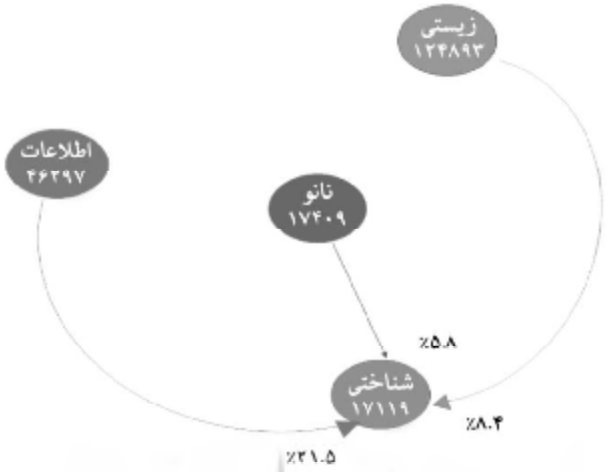
شکل۲ برمی‌آید، بیشترین میزان تبادل پدیدآورندگان مقاله‌ها، مربوط به سه حوزهٔ نانو، زیستی و اطلاعات بوده و بیشترین تبادل نیز بین حوزهٔ نانو با زیستی اتفاق افتاده است. همگرایی بیشتر در این شبکه و به‌ویژه تعامل بیشتر حوزهٔ نانو با حوزهٔ زیستی سبب استحکام بیشتر ستون فقرات شبکهٔ ارتباطی نویسندگان حوزه‌های مورد مطالعه خواهد شد.



شکل ۲. درخت پوشای بیشینه شبکه همکاری‌های علمی

ضعیف‌ترین ارتباط و هم‌پوشانی

شبکه موجود در شکل ۳، درخت پوشای کمینه از شبکه روابط هم‌تألیفی چهار حوزه را نمایش می‌دهد. این شبکه، ضعیف‌ترین و سست‌ترین ارتباط میان حوزه‌ها را از بُعد میزان نویسندگان مشترک به‌تصویر می‌کشد. به‌طور نمونه، حوزهٔ نانو با حوزهٔ شناختی کمترین پیوند را از نظر تبادل نویسندگان برقرار کرده است. درمجموع، هم‌پوشانی و تعاملات مشخص‌شده میان حوزه‌ها در این تصویر کم بوده، لذا برای هم‌پوشانی بیشتر و ارتباط مؤثر و متأثر شبکه همکاری‌های علمی، باید هم‌پوشانی‌های نمایش داده شده در این تصویر افزایش یابد.



شکل ۳. درخت پوشای کمینه شبکه همکاری‌های علمی

بحث و نتیجه گیری

در این بخش، ماهیت میان‌رشتگی مقاله‌های چهار حوزهٔ مورد مطالعه براساس فنّ هم‌تألیفی تحلیل می‌شود. مقایسه‌ها به صورت وضعیت هم‌نویسندگی در ترکیب دو به دوی حوزه‌ها و هم‌پوشانی نویسندگان براساس شاخص شمول، میزان تعاملات بیرونی و درونی پژوهشگران و ضریب هم‌تألیفی بین حوزه‌ها به صورت ترکیب دو به دو و نیز سه‌تایی ارائه می‌شود. روابط هم‌تألیفی نویسندگان چهار حوزه براساس نظریه گراف تحلیل و قوی‌ترین ارتباط و هم‌پوشانی و ضعیف‌ترین ارتباط و هم‌پوشانی بین آنها نیز تحلیل می‌شود.

چالشی که در رابطه با تفسیر نتایج این پژوهش وجود دارد این است که به‌دلیل نوپا بودن مفهوم فناوری‌های همگرا، پژوهش مشابه چندانی برای مقایسه و درک بهتر یافته‌ها وجود ندارد. همچنین امکان محک‌زنی وضعیت موجود فناوری‌های همگرا نیز وجود ندارد زیرا وضع ایده‌آل، مشخص نیست. وجود پژوهش‌های مشابه در این رابطه اعم از داخلی یا خارجی، می‌توانست به تحلیل بهتر و فنی‌تر وضعیت کشور ما از نظر جایگاه تعاملات میان رشته‌ها کمک کند. در هر صورت، استفاده از نتایج این پژوهش می‌تواند

به‌عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری علمی، ثمرات ارزشمندی را در بر داشته باشد.

بررسی میزان هم‌پوشانی حوزه‌ها به صورت دو به دو بر اساس نویسندگان مشترک

این مطالعه در رابطه با تعیین میزان اشتراک نویسندگان در ترکیب دو به دوی حوزه‌ها نشان داد که ترکیب «نانو – زیستی» بالاترین تعداد نویسندگان مشترک را به خود اختصاص داده‌اند. در واقع به‌دلیل مناسبات فراوان موضوعی که بین این دو حوزه برقرار است، امکان حضور نویسندگان و پژوهشگران با تخصص‌های گوناگون در مراحل مختلف تدوین و انتشار بروندادهای علمی در این دو حوزه، بیش از سایر حوزه‌ها فراهم است. پس از آن نیز، بیشترین تعداد نویسنده مشترک به ترکیب «اطلاعات – زیستی» تعلق دارد. به‌این‌ترتیب، زمینه‌های ورود نویسندگان با این دو تخصص و همکاری با آنها، به‌میزان بالایی به‌منظور نشر فعالیت‌های علمی، امکان‌پذیر است. ترکیب «شناختی – زیستی» نیز کمترین تعداد نویسنده مشترک را در بین مقاله‌های منتشر شده خود داشته‌اند. به این ترتیب، مشخص می‌شود که زمینه‌های کمتری برای فعالیت علمی متخصصان این دو حوزه با هم نسبت به سایر ترکیب‌ها فراهم بوده است.

براساس شاخص شمول نیز می‌توان قضاوت کرد که ترکیب نویسندگان یک حوزه چقدر مشابه حوزه‌های دیگر بوده است. این شاخص علاوه بر نویسندگان مشترک، به نویسندگان اختصاصی هر حوزه نیز توجه دارد. یافته‌های این پژوهش در این رابطه نشان داد که شباهت ساختار اجتماعی حوزهٔ نانو به حوزهٔ زیستی در بالاترین سطح قرار دارد. بعد از آن، بالاترین میزان مشابهت ساختار همکاری‌های علمی بین حوزه اطلاعات با حوزه زیستی برقرار است. کمترین میزان شباهت در ساختار پدیدآورندگان نیز در حوزهٔ زیستی در مقایسه با حوزهٔ شناختی، قابل مشاهده است.

براساس تجزیه‌وتحلیل داده‌های حاصل از همکاری علمی میان حوزه‌ها مشخص شد که بالاترین ضریب هم‌تألیفی به ترتیب به ترکیب‌های حوزه «نانو ـ زیستی»،

«نـانو ـ اطلاعـات»، «اطلاعـات ـ زیسـتی»، «اطلاعـات - شـناختی»، «نـانو ـ شـناختی» و درنهایت به ترکیب «شناختی ـ زیستی» اختصاص دارد. به‌این‌ترتیب، مشخص می‌شود که دو حوزهٔ نانو و زیستی این قابلیت را دارند که از همکاری متخصصان این دو رشته به‌منظور تدوین و انتشار دستاوردهای علمی بهره‌مند شوند. بر مبنای دسته‌بندی پایگاه اسکوپوس که حوزه شیمی را به حوزه نانو نزدیک در نظر می‌گیرد، هم‌تألیفی و مشارکت بالای پژوهشگران دو حوزه زیست‌شناسی و شیمی نیز توسط «بلانکا» (۲۰۰۹) تأیید شد که هم‌راستا با نتایج این پژوهش است.

در تأیید یافته‌های این پژوهش، «آبرامو، آنجلو و کاستا» (۲۰۱۲) نیز در مطالعهٔ خود به‌منظور شناسایی میان‌رشتگی از طریق تألیفات مشترک انتشارات علمی به این نتیجه رسیدند که زیست‌شناسی، رشته‌ای است که بیشترین همکاری را با شیمی دارد.

در رابطه با ضریب هم‌تألیفی در دو حوزه «اطلاعات - شناختی»، «شان، کرولی و اوکادا» (۲۰۰۵) در پژوهشی که به ارزیابی میان‌رشتگی حوزه علوم شناختی پرداختند، با استفاده از تحلیل وابستگی نویسندگان نشان دادند که پژوهشگران حوزه علوم رایانه، بیشترین سهم را در تولید مقاله در این حوزه داشتند، اما به مرور این جایگاه به روان‌شناسان اختصاص پیدا کرده است. به‌این‌ترتیب، این پژوهش بین‌رشته‌ای بودن علوم شناختی را تا حدی تأیید کرد. پژوهش حاضر نیز ارتباط بین حوزه فناوری اطلاعات و حوزه علوم شناختی را در بخش نویسندگان مشخص کرد.

میزان هم‌پوشانی حوزه‌ها به صورت ترکیب‌های سه‌گانه بر اساس نویسندگان مشترک

مزیّت این نوع نگاه به روابط بین پژوهشگران حوزه‌های مختلف، مشخص شدن ظرفیت و زمینه همکاری میان حوزه‌ها به صورت سه‌گانه است. یافته‌های این مطالعه در ارتباط با این شاخص‌ها نشان داد بیشترین تعداد نویسنده مشترک در ترکیب سه‌گانه «نانو ـ اطلاعات ـ زیستی» و کمترین نویسنده مشترک نیز در «شناختی ـ نانو ـ اطلاعات» وجود دارد. به‌این‌ترتیب، می‌توان ادعا کرد که زمینه‌های همکاری و علاقه‌مندی

پژوهشگران در بین سه حوزهٔ فناوری نانو، فناوری اطلاعات و علوم زیستی بیش از سایر ترکیب‌های سه‌گانه فراهم است. به نسبت سایر ترکیب‌های سه‌گانه، حوزه‌های شناختی، نانو و اطلاعات از قابلیت کمتری برای مشارکت پژوهشگران مختلف برخوردار است.

گذشته از این نوع نگاه، به شیوهٔ دیگری نیز می‌توان به تعاملات پدیدآورندگان مقاله‌ها توجه کرد و آن، استفاده از ضریب هم‌تألیفی در ترکیب‌های سه‌گانه است. این نوع تحلیل برخلاف تحلیل پیشین که تنها به تعداد پدیدآورندگان مشترک می‌پرداخت، همزمان به نویسندگان اختصاصی و مشترک توجه کرده و نسبت بین آنها را می‌سنجد. در همین رابطه، نتایج پژوهش نمایانگر آن است که بالاترین ضریب هم‌تألیفی به‌ترتیب متعلق است به ترکیب‌های سه‌گانه «نانو ـ اطلاعات ـ زیستی» و «نانو ـ شناختی ـ زیستی». به‌این‌ترتیب مشخص می‌شود که زمینه‌های همکاری پژوهشگران در بین این دو ترکیب، بیش از سایر ترکیب‌ها وجود دارد.

نکته قابل ذکر این‌که این شاخص برای دو ترکیب «اطلاعات ـ شناختی ـ زیستی» و «شناختی ـ نانو ـ اطلاعات» به یک اندازه است. به‌این‌ترتیب، بسترهای همکاری مشترک به‌منظور تدوین و انتشار بروندادهای علمی در میان متخصصان این حوزه‌ها کمتر از ترکیب‌های سه‌گانهٔ پیشین است. به نظر می‌رسد حضور حوزه علوم شناختی سبب شده میزان این شاخص در این دو ترکیب پایین باشد. به‌این‌ترتیب، مشخص می‌شود پژوهشگران این عرصه نتوانسته‌اند به میزان زیادی با متخصصان سایر حوزه‌ها ارتباط علمی برقرار کنند.

بررسی تعاملات بیرونی و درونی پژوهشگران

از دیگر شاخص‌هایی که با سنجش هم‌پوشانی و ارتباطات حوزه‌ها، اطلاعات مؤثری از بُعد پدیدآورندگان مقاله‌ها ارائه می‌دهد، میزان تعاملات بیرونی و درونی است که نویسندگان یک حوزه با سایر حوزه‌ها برقرار می‌کنند. بررسی این شاخص نشان داد حوزه فناوری اطلاعات، بالاترین میزان تعامل درونی را به خود اختصاص داده است؛ به این

مفهوم که به نسبت زیادی، پژوهشگران حوزه‌های دیگر توانسته‌اند در تدوین و انتشار مقاله در این حوزه مشارکت کنند. عام بودن این رشته و کاربرد گسترده مفاهیم و روش‌های آن در سایر رشته‌ها، تا حدّ زیادی باعث به‌وجودآمدن چنین شرایطی شده است. در همین رابطه، حوزه علوم شناختی در میان حوزه‌ها از پایین‌ترین میزان تعامل درونی برخوردار بوده است. در حقیقت، نویسندگان کمی از سایر حوزه‌ها توانسته‌اند در این حوزه قدم بگذارند و با پژوهشگران این حوزه ارتباط علمی برقرار کنند. در همین رابطه، «برگمن و همکاران» (۲۰۱۶) در پژوهش خود با موضوع میان‌رشتگی علوم شناختی، مشخص کردند که مقاله‌های مجله علوم شناختی گرایش به همکاری با سایر رشته‌ها داشته و از این نظر، میان‌رشتگی نسبتاً بالایی داشت. اگر چه این پژوهش مربوط به کل تولیدات علمی حوزه علوم شناختی نیست اما تعامل این حوزه را با سایر حوزه‌ها نسبتاً بالا گزارش کرده است. در حالی که پژوهشگران علوم شناختی کشور ما از کمترین ارتباط علمی با سایر متخصصان برخودار بوده و به این ترتیب، لازم است برنامه‌ریزی‌های صحیح در این خصوص صورت پذیرد.

در میان حوزه‌های مورد مطالعه، بالاترین میزان تعامل بیرونی را حوزه نانو در اختیار دارد. به‌این‌ترتیب، می‌توان عنوان کرد که در این حوزه به سبب ماهیت میان‌رشته‌ای آن، امکان حضور و همکاری پژوهشگران و متخصصان این رشته در سایر رشته‌ها به میزان بالایی وجود دارد. «خدادوست» (۱۳۹۰) نیز در مطالعه خود با توجه به شاخص درجه همکاری و ضریب همکاری کلی، به این نتیجه رسید که بیشتر نویسندگان حوزه نانو فناوری ایران تمایل به تولید مدارک علمی مشارکتی دارند. همچنین نتایج پژوهش «سهیلی و منصوری» (۱۳۹۳) گویای آن است که به‌طور کلی در شبکه اجتماعی هم‌نویسندگی پژوهشگران شیمی ایران، ارتباطات نسبتاً زیادی وجود دارد و این پیوندها در مقایسه با سایر رشته‌های علمی مثل سازمان و مدیریت، علم اطلاعات و برق و الکترونیک در سطح نسبتاً بالایی قرار دارند. بر مبنای دسته‌بندی پایگاه اسکوپوس، اگر حوزه شیمی را به حوزه نانو نزدیک و برق و الکترونیک را به حوزه فناوری اطلاعات نزدیک

بدانیم، نتایج پژوهش حاضر، با یافته‌های این پژوهشگران ارتباط بالایی خواهد داشت. در همین ارتباط، «درویش و تونتا» (۲۰۱۶) در ارزیابی ساختار شبکه‌ای پژوهشگران حوزه فناوری نانو کشور ترکیه به این نتیجه رسیدند که تحقیق و توسعه در حوزه فناوری نانو در کشور ترکیه رو به افزایش بوده و جذب و توزیع این رشته به دلیل حمایت‌های روزافزون دولت تقویت شده است. همچنین مشخص شد که پژوهشگران ترک، گرایش به همکاری با گروه‌ها و دانشگاهی خود دارند و بنابراین اتصال کلی این شبکه، پائین است. مقایسه یافته‌های این پژوهش با یافته‌های این پژوهشگران، گویای شرایط مطلوب‌تر حوزه فناوری نانو در کشور ما به لحاظ برقراری ارتباطات علمی مناسب با سایر حوزه‌هاست. شایان ذکر است که این کشور از رقبای ما در حوزه علمی به شمار می‌رود.

حوزه فناوری زیستی نیز پایین‌ترین میزان تعامل بیرونی را به خود اختصاص داده است. به‌این‌ترتیب، می‌توان استنباط نمود که متخصصان این حوزه به نسبت سایر حوزه‌ها فرصت کمتری برای مشارکت در سایر رشته‌ها را در اختیار داشته‌اند.

روابط هم‌تألیفی نویسندگان چهار حوزه بر اساس نظریه گراف

رویکرد بعدی برای محاسبه میزان میان‌رشتگی چهار مجموعه از مقاله‌های نانو، زیستی، اطلاعات و شناختی، بهره‌گیری از نظریه گراف بود. بر این اساس، روابط هم‌تألیفی بین این چهار حوزه با یک گراف جهت‌دار و وزن‌دار، بازنمایی و قوی‌ترین و ضعیف‌ترین ارتباط و هم‌پوشانی شناسایی شد.

بر اساس مفهوم درخت پوشای بیشینه که قوی‌ترین ارتباط و هم‌پوشانی بین چهار حوزه را بر اساس میزان نویسندگان مشترک نمایان می‌کند، مشخص شد که بیشترین میزان تبادل پدیدآورندگان مقاله‌ها، مربوط به سه حوزهٔ نانو، زیستی و اطلاعات بوده و در این میان، بیشترین تبادل نیز بین حوزه نانو با زیستی اتفاق افتاده است. از آنجاکه این روابط، ستون فقرات شبکه هم‌تالیفی این حوزه را شکل می‌دهند، همگرایی بیشتر در این شبکه و به‌ویژه تعامل بیشتر حوزه نانو با حوزه زیستی باعث استحکام بیشتر شبکه

ارتباطی نویسندگان حوزه‌های مورد مطالعه خواهد شد. درواقع هرقدر میزان تعامل و همکاری میان نویسندگان حوزه نانو با حوزه زیستی تقویت شود، ارتباط کلی سایر حوزه‌ها قوی‌تر می‌شود. از آنجا که بسترهای مشارکت و علایق پژوهشگران در این حوزه به میزان زیادی وجود دارد، ارتقای این سطح از همکاری‌ها در بین این حوزه‌ها آسان خواهد بود.

درخت پوشای کمینه، ضعیف‌ترین و سست‌ترین ارتباط میان حوزه‌ها را از بُعد میزان نویسندگان مشترک، مشخص کرد؛ به‌نحوی که حوزه نانو با حوزه شناختی کمترین پیوند را از نظر تبادل نویسندگان مقاله‌ها برقرار کرده و هم‌پوشانی و تعامل میان حوزه‌های زیستی و اطلاعات پایین بوده است. به‌این‌ترتیب، موقعیت و زمینه‌های ورود این پژوهشگران به حوزه‌های یکدیگر به میزان زیادی فراهم نبوده است. لذا برای هم‌پوشانی بیشتر و ارتباط مؤثر و متأثر شبکه همکاری‌های علمی، باید به دنبال راهکارهایی بود که ارتباطات موارد یاد شده، افزایش یابد.

«عرفان‌منش و اصنافی» (۱۳۹۵) نیز با بررسی میزان تولیدات علمی بین‌المللی در حوزه فناوری‌های همگرا نشان دادند که ایران با تولید ۲۰ مقاله در این حوزه، رتبه ۱۵ را در بین ۲۰ کشور دارد و جایگاه مطلوبی برای کشور ما نیست. به‌این‌ترتیب و با توجه به رشد سریع حوزه فناوری‌های همگرا و عقب نماندن از قافله پیشرفت، لازم است پژوهشگران ایرانی در این حوزه تلاش بیشتری برای انتشار تولیدات علمی داشته باشند.

در نهایت، یکی از زمینه‌های ورود به همگرایی در سطح فناوری، تلاش و مدیریت در جهت بهبود ارتباطات علمی میان نقش‌آفرینان این عرصه است. در حقیقت، باید با زمینه‌سازی جهت مشارکت علمی پژوهشگران این چهار حوزه، ورود هدفمند به مرزهای دانشی مرتبط را محقق ساخت. به‌این‌ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که در سیاست‌گذاری علم و فناوری در صورتی که سیاست این باشد که قسمت‌های مغفول و روابط ضعیف‌تر، تقویت شود باید تلاش کرد که تعاملات حوزه فناوری نانو با حوزه علوم شناختی و حوزه فناوری زیستی با حوزه فناوری اطلاعات توسعه یابد. در شرایطی که تقویت تنومندتر کردن زمینه‌های همگرایی در این چهار حوزه، مد نظر باشد، باید در

جهت تقویت همکاری پژوهشگران در حوزه نانو با دو حوزه زیستی و اطلاعات و حوزه شناختی با حوزه زیستی گام برداشت.

پیشنهادها

براساس یافته‌های حاصل شده از این پژوهش، راهکارهای زیر به‌منظور تقویت زمینه‌های همکاری‌های علمی و میان‌رشته‌ای جهت زمینه‌سازی برای نیل به سطوح بالاتر همگرایی، پیشنهاد می‌شود:

- براساس آنچه از نتایج حاصل شد، میزان بالای تعامل دو حوزه نانو و زیستی، ظرفیت همکاری‌ها و پیوندهای بین این دو حوزه را تأیید کرده و ستادهای مربوط به این دو حوزه با برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح، قادر خواهند بود از توان و ظرفیت یکدیگر بهره‌مند شوند.
- سرمایه‌گذاری در سه حوزهٔ نانو، زیستی و اطلاعات با آنچه از نتایج این پژوهش حاصل شد، توجیه‌پذیر به نظر می‌رسد. شایسته است ستادهای مربوط در این خصوص به مطالعه و ارزیابی بیشتری پرداخته و بر این اساس، پروژه‌های پژوهشی مشارکتی را تعریف کنند و از متخصصان این سه حوزه بهرهٔ کافی را ببرند.
- با توجه به فاصله زیاد تعاملی و ساختاری حوزه علوم شناختی با دیگر حوزه‌ها، پیشنهاد می‌شود ستاد مربوط زمینه‌های مشارکت سایر حوزه‌ها با این حوزه را با اقدام‌های مناسب مانند برگزاری کارگاه‌های آموزشی، استقبال از سخنرانی‌های علمی سایر رشته‌ها در محافل اختصاصی و... فراهم کند.
- از آنجا که روابط میان‌رشته‌ای دارای دو جنبه آموزشی و پژوهشی است، شایسته است برنامه‌ریزان درسی و مدیران گروه‌های آموزشی که در تدوین سرفصل دروس دانشگاهی رشته علوم شناختی نقش دارند، سرفصل‌هایی از سایر حوزه‌ها را در این رشته وارد کنند.
- بهره‌گیری از استادان سه رشتهٔ دیگر در گروه‌های آموزشی علوم شناختی به‌منظور

تدریس برخی از درس‌های تخصصی و مرتبط به‌منظور بهبود تعاملات این حوزه‌ها توصیه می‌شود.

- فراهم‌سازی زمینه استفاده از اعضای هیئت علمی سایر حوزه‌ها به‌عنوان استاد مشارو یا راهنما جهت هدایت دانشجویان تحصیلات تکمیلی، به ارتقای سطح روابط و تعاملات و تمرکز بر موضوعات و جنبه‌های مشترک این حوزه‌ها کمک شایانی خواهد کرد.

منابع

- احمدی، حمید؛ علی سلیمی و الهه زنگیشه (۱۳۹۲). «علم‌سنجی، خوشه‌بندی و نقشهٔ دانش تولیدات علمی ادبیات تطبیقی در ایران»، *کاوش‌نامه ادبیات تطبیقی*، ۳(۱۱)، ۱-۲۸.
- باجی، فاطمه و فریده عصاره (۱۳۹۳). «ساختار شبکه هم‌نویسندگی حوزه علوم اعصاب ایران با استفاده از رویکرد تحلیل شبکه اجتماعی»، *مطالعات کتابداری و علم اطلاعات*، ۲۱(۱۴)، ۷۱-۹۲.
- حسن زاده، محمد و سولماز بقایی (۱۳۸۸). «جامعه علمی، روابط علمی و هم‌تألیفی»، *رهیافت*، ۴۴(۱)، ۳۷-۴۱.
- خدادوست، رضا (۱۳۹۰). مطالعه وضعیت انتشار، هم‌نویسندگی و هم‌استنادی تولیدات علمی حوزه نانو جمهوری اسلامی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- دیدگاه، فرشته و محمدامین عرفان‌منش (۱۳۸۹). «مشارکت ایران و مالزی در تولید علم: بررسی الگوی هم‌تألیفی در وبگاه علوم»، *تحقیقات کتابداری و اطلاع‌رسانی دانشگاهی*، ۵۰، ۹۵-۱۱۵.
- زوارقی، رسول و جواد عباس‌پور (۱۳۸۸). «شبکه‌های هم‌تألیفی: ابزاری قدرتمند در بازنمایی دانش نهان دانشکاران دانشگاهی»، ارائه‌شده در *دومین کنفرانس ملی مدیریت دانش ایران*، ۱۰ تا ۱۱ بهمن، تهران، مرکز همایش‌های بین‌المللی رازی، مؤسسه تحقیقات و آموزش مدیریت؛ مؤسسه اطلاع‌رسانی نفت، گاز و پتروشیمی.
- صدیقی، مهری (۱۳۹۴). ترسیم و تحلیل نقشهٔ علمی محققان ایرانی در منتخبی از حوزه‌های مرتبط با علوم و فناوری، طرح پژوهشی، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات.
- گریمالدی، رالف (۱۳۷۹). *ریاضیات گسسته و ترکیبیاتی*، جلد سوم، ترجمه محمدعلی رضوانی و بیژن شمس، انتشارات فاطمی: تهران.
- عرفان‌منش، محمدامین و امیررضا اصنافی (۱۳۹۵). بررسی وضعیت تولیدات علمی بین‌المللی حوزه فناوری‌های همگرا در پایگاه وب آف ساینس، نهمین کنگره پیشگامان پیشرفت، تهران، مرکز الگوی اسلامی ایرانی پیشرفت، www.civilica.com/Paper-KPIP-Html108-90KPIP90http:// .
- سهیلی، فرامرز و علی منصوری (۱۳۹۳). «تحلیل شبکهٔ هم‌نویسندگی پژوهشگران شیمی ایران با استفاده از سنجه‌های مرکزیت»، *مطالعات کتابداری و علم اطلاعات*، ۲۱ (۱۳)، ۸۹-۱۰۶.

- Abramo, G., D'Angelo, C. A., & Costa, F. D. (2012). Identifying interdisciplinarity through the disciplinary classification of coauthors of scientific publications. *Journal of the Association for Information Science & Technology*, 63(11), 2206-2222.
- Ajiferuke, I., Burell, Q., & Tague, J. (1988). Collaborative coefficient: A single measure of the degree of collaboration in research. *Scientometrics*, 14(5-6), 421-433.
- Andrés, A. (2009). *Measuring academic research: how to undertake a bibliometric study*. Oxford: Chandos Publishing.
- Bellanca, L. (2009). Measuring interdisciplinary research: analysis of co-authorship for research staff at the University of York. *Bioscience Horizons*, 2(2), 99-112.
- Bergmann, T., Dale, R., Sattari, N., Heit, E., & Bhat, H.S. (2016). The Interdisciplinarity of Collaborations in *Cognitive Science*. *Cognitive Science*, 41(5), 1412–1418.
- Cai, S. (2011). The age of synthesis: From cognitive science to converging technologies and hereafter. *Chinese Science Bulletin*, 56(6), 465-475.
- Committee on Key Challenge Areas for Convergence and Health; Board on Life Sciences; Division on Earth and Life Studies; National Research Council (2014). Convergence Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond. Washington: National Academies Press.
- Darvish, H., & Tonta, Y. (2016). Diffusion of nanotechnology knowledge in Turkey and its network structure. *published online first (Springer)*.
- Diestel, R. (2005). *Graph Theory*. Electronic Edition. www.esi2.us.es/~mbilbao/pdffiles/DiestelGT.pdf
- Pilarski, L., Mehta, M., Caulfield, T., Kaler, K., Backhouse, J. (2004). Microsystems and Nanoscience for Biomedical Applications: A View to the Future. *Bulletin of Science, Technology and Society*, 24 (1): 40-45.
- Posner, R.A. (2001). Public intellectual: a study of declineblic intellectual: a study of decline. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Qin, J. (2000). Semantic similarities between a keyword database and a controlled vocabulary database: An investigation in the antibiotic resistance literature. Journal of the Association for Information Science and Technology, 51(2), 166-180.
- *Roco, M.C., & Bainbridge, W.S. (2002).* Converging technologies for improving human performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science. *(PDF). U.S. National Science Foundation.www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf.*
- Roco, M.C., & Bainbridge, W.S. (2013). The new world of discovery, invention, and innovation: convergence of knowledge, technology, and society. Journal of nanoparticle research, 15(9): 1-17.
- Schunn, C. D., Crowley, K., & Okada, T. (2005). Cognitive Science: Interdisciplinarity now and then. In S. J. Derry, C. D. Schunn, & M. A. Gernsbacher (Eds.), Problems and promises of interdisciplinary collaboration: Perspectives from cognitive science. Mahwah, NJ: Erlbaum, 287-315.