تحقیقات کتابداری و اطلاع‌رسانی دانشگاهی،
دوره ٥٤، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ۹۵-۷۷

Academic Librarianship
and Information Research , Vol54
No. 1, Spring , 2021, PP77-95

تحلیل روابط میان‌رشته‌ای فناوری‌های نانو، زیستی، اطلاعات و شناختی با تکنیک هم‌استنادی

قاسم آزادی احمدآبادی[۱]، حمزه‌علی نورمحمدی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۳/۲۲

چکیده

هدف: این پژوهش قصد دارد ماهیت میان‌رشتگی مقاله‌های چهار حوزه نانو، زیستی، شناختی و اطلاعات را براساس تکنیک هم‌استنادی شناسایی کند.

روش: این پژوهش به لحاظ هدف، کاربردی و ازنظر روش، توصیفی بوده و از تکنیک هم‌استنادی استفاده کرد. جامعه آماری، مقاله‌های ایران به زبان انگلیسی در قالب مقاله در چهار حوزه فناوری نانو (۲۱۳۹۳ مقاله)، زیستی(۲۷۵۷۸)، شناختی (۱۶۳۵۸) و اطلاعات (۳۵۳۵) سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ که در اسکوپوس نمایه شده است. شاخص‌های مورداستفاده شامل تأثیرگذاری و تأثیرپذیری، شاخص شمول (دربردارندگی)، نظریه گراف، درخت پوشای بیشینه و کمینه است.

یافته‌ها: بالاترین امتیاز شاخص شمول متعلق به حوزه اطلاعات در ترکیب «اطلاعات - زیستی» است. بالاترین تعداد استناد مشترک، مربوط به ترکیب حوزه‌های «نانو - اطلاعات - زیستی» است. تأثیرپذیری حوزه اطلاعات از سایر حوزه‌ها و تأثیرگذاری حوزه نانو بر سایر حوزه‌ها بیشتر است.

نتیجه‌گیری: دو حوزه نانو و زیستی به میزان زیادی این قابلیت را دارند که از آثار نویسندگان مشترکی جهت استناد به مقاله‌های خود بهره‌مند شوند. در ترکیب سه‌گانه «نانو - اطلاعات - زیستی»، از بُعد استناد بین نویسندگان مشترک، هماهنگی یا میان‌رشتگی بیشتری دیده می‌شود و امکان بیشتری جهت بهره‌گیری از آثار نویسندگان به‌منظور استناددهی در مقاله‌های خود را دارند.

واژگان کلیدی: هم‌استنادی، میان‌رشتگی، فناوری‌های همگرا، تولیدات علمی ایران، علم‌سنجی.

[۱] استادیار مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران، ایران azadi_gh@yahoo.com

[۲] دانشیار گروه علم اطلاعات و دانش شناسی، دانشگاه شاهد تهران، ایران nourmohammadi@shahed.ac.ir

مقدمه

فناوری‌های همگرا[1] به ترکیب هم‌افزای چهار حوزه اصلی علم و فناوری اشاره دارد که هر یک از آنها با سرعتی پرشتاب در حال پیشرفت هستند. این حوزه‌ها عبارت‌اند از:

الف. علم و فناوری نانو؛

ب. فناوری زیستی و پزشکی زیستی، شامل مهندسی ژنتیک؛

ج. فناوری اطلاعات، محاسبات و ارتباطات پیشرفته؛

د. علوم شناختی شامل علوم اعصاب شناختی (روکو و بین‌بریج، ۱۳۹۱، ص. ۱۷).

میان‌رشتگی از دهه ۲۰۰۰ به بعد در هسته بحث فناوری همگرا قرار گرفته (نوردمن[2]، ۲۰۰۴) و در بحث‌های امروز هم ادامه یافته است. همگرایی، ترکیب جدیدی از رشته‌ها برای خلق حوزه‌های جدید پژوهشی است. همگرایی یک اصل اساسی و طبیعی و فرصت مناسب برای پیشرفت‌های انسانی بوده و همگرایی دانش و فناوری به‌عنوان یک حوزه در حال ظهور در جهان معرفی و تقویت، پیشرفت و بهره‌مندی از آن تا حد ممکن توصیه شده است (روکو و بینبریج[3]، ۲۰۱۳، ص. ۳). فرایند همگرایی برای آگاهی‌بخشی جهت تصمیم‌گیری، تحلیل می‌شود. پژوهش عملی در مورد فرایند همگرایی علمی- فنی و مفهوم‌سازی دقیق‌تر فرایندها، تصمیمات راهبردی در خط‌مشی پژوهش و توسعه را بهبود بخشیده و به تخصیص صحیح بودجه و شناسایی حوزه‌های جدید همگرا و روندهای آنها کمک می‌کند (سازمان توسعه همکاری‌های اقتصادی[4]، ۲۰۱۴، ص. ۱۳). هرچند جهت‌گیری کلی در قبال چهار فناوری همگرا در مسیر «یکپارچه‌سازی» است اما امکانات فناورانه کنونی هنوز آن‌گونه نیست که این امر را به شکل مطلوب محقق سازد. آنچه در حال حاضر در حال وقوع است تبادل مرزهای مشترک این چهار فناوری و ارتقاء توان هم‌افزایی آنهاست (پایا و کلانتری نژاد، ۱۳۸۹، ص. ۲۸).

میان‌رشتگی، یک مسئله کلیدی در سطح پژوهش علمی است که در آن، همگرایی حول ترکیبات جدید اتفاق می‌افتد. بنابراین ترکیبات جدید، نقطه پیشرفت یک حوزه خاص از فناوری همگرا هستند.

بر اساس ایده جهانی، چهار حوزه نانو فناوری، زیست‌فناوری، فناوری اطلاعات و علوم شناختی فناوری‌های همگرا را تشکیل می‌دهند. به‌منظور رسیدن به سطح همگرایی فناورانه در این حوزه‌ها لازم است ابتدا این حوزه‌ها در سطح تولیدات علمی با هم به اشتراک و هم‌افزایی برسند. به‌این‌ترتیب، ضرورت شناخت ساختار فکری حوزه‌های مختلف علوم به‌ویژه در بین حوزه‌های فناوری نانو، فناوری زیستی، فناوری اطلاعات و علوم شناختی بیش‌ازپیش نمایان می‌شود. یکی از ابزارهای مطرح در رویکردهای علم‌سنجی، بهره‌گیری از تحلیل استنادی است. این ابزار کمک می‌کند تعاملات دو یا چند حوزه شناسایی شده و تصویر جامعی در این رابطه به‌منظور ارائه به متخصصان ذی‌ربط و سیاست‌گذاران حوزه علم و فناوری ارائه کرد. به‌این‌ترتیب، این پژوهش به دنبال نیاز به تحلیل روابط استنادی بین تولیدات علمی چهار حوزه یادشده، شکل گرفت.

---

1 . Converging Technologies
2 . Nordmann
3 . Roco & Bainbridge
4 . Organization for Economic Co-operation and Development

پیشینه‌های پژوهش

با و همکاران[1] (۲۰۱۹) پژوهشی را با هدف ردیابی الگوهای انتشار دانش بین انتشارات مجلات برتر علوم رایانه و فیزیک برای کشف روند انتشار دانش بر اساس میزان جریان اطلاعات بین رشته‌ها، اندازه‌گیری آنتروپی و استنادهای دریافتی انجام دادند. پیشفرض آنها این بود که آنتروپی، عدم اطمینان در توزیع استناد به مجله و استنادات خارج از رده موضوعی نیز درجه شاخص بین‌رشته‌ای را نشان می‌دهد. در این مطالعه، نفوذ موضوع در شبکه ارتباطات علمی علوم رایانه و فیزیک برای بررسی چگونگی مطالعه و به اشتراک گذاشتن موضوع مشابه در بین این رشته‌ها بررسی شد. یافته‌ها برای سه شاخص، آنتروپی شانون، استنادهای خارج از رده موضوعی و کلمات کلیدی تحقیق، نمای جهانی از جریان اطلاعات در سطح مجله بین هر دو رشته ارائه داد. بر این اساس، مشاهده شد که مجلات علوم رایانه نسبت به مجلات فیزیک، بیشتر به دانش این حوزه استناد می‌کنند.

هرناندز[2] (۲۰۱۹) مطالعه‌ای را با هدف تعیین فاصله بین دنیای بزرگ و کوچک با اندازه‌گیری میزان کلی دانش فنی و علمی آنها با الگوی نوظهور معروف به همگرایی فناوری (فناوری نانو، فناوری زیستی ، فناوری اطلاعات و ارتباطات و علوم شناختی) انجام داد. برای مقایسه، ایالات متحده به‌عنوان جهان بزرگ و آمریکای لاتین به‌عنوان جهان کوچک انتخاب شد. مراحل روش‌شناختی به این شرح بود: ایجاد یک بانک اطلاعاتی که امکان استفاده از شاخص‌های ورودی، فرایند و خروجی‌ها را در یک دوره برای مقالات برگرفته از پایگاه اسکوپوس و وب آو ساینس بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷ فراهم کند، ترسیم نقشه هم تألیفی برای تحلیل شبکه‌های مشارکتی در این زمینه‌های جدید دانش و طراحی جداول عوامل تطبیقی برای تعیین شکاف بین این دو نوع جهان. این تحقیق، شکاف عمیق دانش بین جهان بزرگ و کوچک را نشان داد.

کاران، لاتابای و پراباکاران[3] (۲۰۱۷) پژوهشی با عنوان: «کشف تعامل بین‌رشته‌ای بین دو زمینه تحقیقاتی با استفاده از شبکه‌های استنادی» را انجام دادند. آنها معتقدند که با توجه به اینکه حوزه‌های میان‌رشته‌ای با سرعت زیادی در حال ظهور هستند، تحلیل تعامل بین رشته‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. تجزیه و تحلیل شبکه استنادی به‌عنوان ابزاری برای استخراج سیاست از ادبیات علمی و ثبت اختراع است. شبکه‌های استنادی مقالات، منعکس‌کننده انباشت و جریان دانش هستند. بنابراین، تحولات خاصی که ممکن است باعث تکامل بین‌رشته‌ای شود، از طریق استنادها قابل شناسایی است. این پژوهشگران با توجه به این پتانسیل ناشناخته، سعی کردند بین‌رشتگی مقالات منتشرشده را بررسی کنند. ازآنجاکه تعامل بین‌رشته‌ای بین دو رشته ازطریق مقالات مشترک و مرزی و استنادهای بین‌رشته‌ای منعکس می‌شود، یک روش کمّی برای ارزیابی قدرت تعامل بین‌رشته‌ای، حالت غالب تعامل، مشارکت متقابل و غیره، تدوین و تعامل بین‌رشته‌ای در زمینه‌های «فناوری زیستی انرژی» و «فناوری نانو برای انرژی» به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شد. وجود «مشارکت متقابل» در بین این زمینه‌ها

[1] . Ba, *et al*
[2] . Hernández
[3] . Karunan, Lathabai & Prabhakaran

مشخص شد. به نظر می‌رسد «فناوری زیستی انرژی» بیشتر به توسعه «فناوری نانو برای انرژی» کمک می‌کند تا حالت برعکس آن.

چن و دیگران[1] (۲۰۱۵) در پژوهشی تکامل میان‌رشتگی شیمی و زیست‌شناسی ملکولی را طی یک دوره صدساله و در چند جبهه شامل: تغییر در میان‌رشتگی، شناسایی حوزه‌های هسته، ظهور و شناسایی حوزه‌های بالقوه، مورد توجه قرار دادند. این پژوهش اثبات کرد که میان‌رشتگی عمدتاً از حوزه‌های همسایه به حوزه‌های شناختی دورتر تکامل پیدا کرده و شواهدی از گرایش رو به رشد پژوهشگران این حوزه‌ها از استناد به دیگر رشته‌ها ارائه کرد. علاوه بر آن، از نتایج این پژوهش این بود که روابط میان‌رشته‌ای بالقوه به رشته‌های دور از این حوزه‌ها تعلق داشت؛ اشتراک آنها ازنظر منابع و مراجع، کم اما به‌طور قابل توجهی در حال افزایش بود. درمجموع، این پژوهشگران تکامل میان‌رشتگی زیست‌شیمی و زیست‌شناسی ملکولی را طی یک قرن با استفاده از استنادهای بین رشته و نقشه هم‌پوشانی علم، تأیید کردند.

یان[2] (۲۰۱۴) در پژوهش خویش با عنوان: «یافتن مسیرهای دانشی در میان رشته‌های علمی» الگوهای توزیع دانش در میان رشته‌های علمی را شناسایی کرد. براساس بررسی دسته‌های موضوعی در «گزارش استنادی مجله»، این پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که حوزه‌های علوم اجتماعی بیشتر گرایش به خودشمولی داشتند و بنابراین پیگیری حوزه‌های دیگر درون آنها دشوار بود. اما دانش‌های موجود در حوزه‌های علوم نظیر زیست پزشکی، شیمی، فیزیک قابل دستیابی بوده و به‌راحتی از جانب حوزه‌های دیگر قابل دریافت بود. مسیرهای دانشی عمده شناسایی شده در این پژوهش عبارت بودند از: از زیست‌شیمی و زیست‌شناسی ملکولی به زیست-شناسی سلولی و زیست‌شناسی محیطی. از زیست‌شیمی و زیست‌شناسی ملکولی به شیمی، میان‌رشته‌ای، علم مواد، چندرشته‌ای، فیزیک، کاربردی و مهندسی، برق و الکترونیک. از زیست‌شیمی و زیست‌شناسی ملکولی به ریاضیات و زیست‌شناسی محاسباتی، آمار و احتمال، اقتصاد و تجارت و مالی.

ونگ و نوتن[3] (۲۰۱۱) در پژوهش خود به دنبال کشف پویایی و ماهیت میان‌رشتگی و الگوهای هم‌تکاملی در بخش‌های نانو صنعتی از طریق ابزارهای تحلیل‌های هم‌واژگانی، توزیع استناد در بین بخش‌ها و مشارکت سازمانی بودند. بر پایه داده‌های پایگاه وب‌آوساینس، انتشارات حوزه نانو شامل ۶۲۵.۴۷۱ رکورد از ۸.۷۰۰ مجله معتبر علمی در طول یازده سال (۲۰۰۸-۱۹۹۸) جمع‌آوری شد. تحلیل استنادی گواه آن بود که فناوری نانو به مرحله بلوغ نسبی رسیده و به یک فناوری استاندارد و مدون تبدیل شده است. بر پایه تحلیل‌های صورت گرفته، نتایج زیر حاصل شد: اول اینکه، فناوری‌های درگیر در بخش صنعتی در طول زمان متنوع‌تر شده بود. ارتباطات بین صنایع نانو قوی‌تر شده و روند عمومی میان‌رشتگی در این بخش‌ها در حال همگرایی بودند. دوم اینکه، الگوی تعامل در صنایع، مرحله توسعه دانش و نیز انتقال آن را نشان داد. انتقال دانش ضمنی با ابزارهای غیررسمی‌تر به وسایل رسمی ارتباط علمی نظیر انتشارات، پروانه‌های ثبت اختراع و پروانه بهره‌برداری تبدیل شده بود. با استفاده از انتشارات صنعتی، تحلیل استنادی و مشارکت، می‌توان دید که فناوری نانو در هر پنج

[1] . Chen & Etal
[2] . Yan
[3] . Wang & Notten

بخش موردمطالعه بالغ‌تر، استانداردتر و مدرن‌تر شده بود. سوم اینکه، تعامل بین بخش‌های مرتبط با نانو به‌شدت پیچیده بوده و در زمینه‌های مختلف اتفاق می‌افتاد.

رافولز، پارک و میر[1] (۲۰۰۹) پژوهشی را با هدف درک ساختار دانشی مواد نانوپیوندی انجام دادند. آنها ۱۱۳ مقاله مرتبط را از پایگاه وب‌آوساینس استخراج و به بررسی انسجام شبکه بین این مقاله‌ها بر اساس تعداد ارجاع‌های اشتراکی (زوج کتاب‌شناختی) پرداختند و این شبکه را خوشه‌بندی کردند. سپس به توزیع رشته‌های استناد شده مطابق دسته‌بندی موضوعی پایگاه وب‌آوساینس پرداختند. نتایج تلاش این پژوهشگران نشان داد که پیوند رشته‌های مختلف در ابتدا حول پژوهش در مواد غیرآلی خاص (نقاط کوانتومی، نانولوله‌های کربن و غیره) و سپس با موضوع کاربردهای ماشین‌های ملکولی و حسگر اتفاق افتاد. همچنین یافته‌ها نشان داد که تنوع رشته‌ای در نانو مواد پیوندی بر اساس رشته‌های شیمی اتفاق افتاده بود. در حقیقت، این حوزه عمدتاً بر مبنای رشته‌های شیمی (آلی، غیرآلی، فیزیکی) و علم مواد (علم مواد چندرشته‌ای، نانو فناوری، ماده چگال، فیزیک کاربردی) همچنین برخی حوزه‌های زیست‌شناسی (زیست فیزیک، زیست‌فناوری، زیست‌شیمی) شکل گرفته است.

پورتر و رافولز[2] (۲۰۰۹) در پژوهش خود به بررسی چگونگی تغییر در درجه میان‌رشتگی در شش حوزه مطالعاتی (فناوری زیستی و میکروبیولوژی کاربردی؛ مهندسی، برق و الکترونیک؛ ریاضیات؛ پزشکی-پژوهش و آزمایش؛ علوم عصب‌شناختی و فیزیک اتمی، مولکولی و شیمیایی) بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۵ پرداختند. آنها شاخص‌های کتاب‌سنجی را با شاخص میان‌رشتگی (امتیاز انسجام، تنوع رائو -استرینگ) و روش مصورسازی علم محاسبه کردند. نتایج این مطالعه، بیانگر تغییرات قابل توجهی در فعالیت‌های پژوهشی در طول این ۳۰ سال در هر دوره بود. به‌نحوی‌که افزایش عمده‌ای در تعداد رشته‌های استناد شده و مراجع هر مقاله (هر دو با رشد حدود ۵۰ درصد) و تألیف مشترک هر مقاله (حدود ۷۵ درصد رشد) اتفاق افتاده و شاخص جدید میان‌رشتگی، افزایش نسبتاً کمی (تقریباً حدود ۵ درصد) را نشان داد. یافته‌های کلی این پژوهشگران مشخص کرد که علم واقعاً در حال میان‌رشته‌ای‌تر شدن است اما با گام‌های کوچک که عمدتاً از رشته‌های نزدیک شروع و به افزایش متعادل‌تر در ارتباطات با حوزه‌های شناختی دورتر می‌رسد.

پورتر و یوتی[3] (۲۰۰۹) در پژوهش خود، ماهیت ارتباطات میان‌رشته‌ای نانو فناوری را با بهره‌گیری از «نقشه‌های پوششی علم» مقاله‌ها و ارجاع‌های آنها مورد توجه قرار دادند. این تحلیل بر روی مجموعه مقاله‌های مرتبط با نانو در پایگاه استنادی علوم در دوره ۲۰۰۸-۱۹۹۱ انجام گرفت. تمرکز این پژوهش بر سه موضوع بود: حوزه-های پژوهشی فعال در نانو، روابط استنادی با دیگر رشته‌ها و مقدار انسجام این رشته‌ها با علوم نانو. نتایج این مطالعه نشان داد که پژوهش‌های نانو، شدیداً در حال افزایش و انسجام بوده و رشته‌های چندگانه را شامل می‌شود و نیز دانش رشته‌های متنوع را دریافت می‌کند. ترسیم و نگاشت پژوهش‌های نانو، نشان داد که

[1] . Rafols, Park & Meyer
[2] . Porter & Rafols
[3] . Porter & Youtie

پژوهش‌های نانو بر اساس دانش ارائه شده در دیگر حوزه‌ها شکل می‌گیرد. این پژوهش با استفاده از رویکرد نقشه علم به این نتیجه دست یافت که حوزه نانو به‌طور معناداری شامل بسیاری از رشته‌های دیگر می‌شود و ارتباط آن با علوم زیست پزشکی، علوم رایانه و ریاضی، علوم محیطی و مهندسی بیش از سایر رشته‌ها بود. همچنین الگوهای استنادی، ارجاع‌دهی جامع در میان رشته‌های کلان را نشان داد. به این مفهوم که پژوهشگران نانو به یک حوزه خاص از رشته، محدود نیستند. امتیاز انسجام نیز سطح بالایی از انسجام را برای انتشارات حوزه نانو نشان داد. به‌این‌ترتیب، تأیید شد که نانو فناوری مجموعه‌ای چندرشته‌ای از حوزه‌های مختلف است. میانگین امتیازات همگرایی حوزه نانو با دسته‌بندی موضوعی منتخب عبارت بود از: پزشکی، پژوهش و آزمایش (۰/۶۶)، فناوری زیستی (۰/۶۵)، علوم اعصاب (۰/۶۴)، فیزیک (۰/۶۰)، الکترونیک و الکتریک (۰/۵۳) و ریاضیات(۰/۲۹).

گلداستون و لیدسدورف[1] (۲۰۰۶) در پژوهشی به بررسی میزان میان‌رشتگی این حوزه علوم شناختی براساس استنادهای دریافتی و استناد به دیگر حوزه‌ها پرداختند. داده‌های این پژوهش از رکوردهای استنادی ۷۳۷۹ مجله در گزارش استنادی مجله‌های سال ۲۰۰۴ شامل نمایه استنادی علوم اجتماعی و نمایه استنادی علوم حاصل شد. داده‌های «استنادکننده» شامل مجله‌هایی (۱۰۸ مورد) بود که توسط مقاله‌های علوم شناختی بیش از یک‌بار در سال ۲۰۰۴ مورد استناد قرار گرفته بودند. داده‌های «استنادشده» شامل مجله‌هایی بودند (۱۸۰ مورد) که در این سال بیش از یک استناد به مقاله‌های این حوزه داشتند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که ورودی استنادهای این حوزه، در این سال عبارت است از: شناخت (با ۱۴/۷ درصد)، عصب‌شناسی و علوم عمومی (با ۱۳/۴ درصد) روانشناسی اجتماعی و عمومی (با ۸/۷ درصد)، سپس توسعه و آموزش (با ۵/۹ درصد) و درنهایت هوش مصنوعی (با ۵/۹ درصد). نتایج تحلیل خروجی‌های این حوزه برای داده‌های استنادشده شامل: علوم رایانه/هوش مصنوعی (با ۱۵/۲ درصد)، شناخت (با ۷/۶ درصد)، علوم اعصاب و علوم عمومی (با ۵ درصد)، آموزش با (۴/۵ درصد) و روانشناسی اجتماعی (با ۳/۸ درصد) بود.

روش پژوهش

این پژوهش به لحاظ هدف، کاربردی و ازنظر روش توصیفی بوده و از فنون علم‌سنجی استفاده شد. برای توصیف و تحلیل روابط میان‌رشته‌ای در چهار حوزه موردمطالعه از تکنیک هم‌استنادی بهره گرفته شد. برای استخراج داده‌های استنادی و پاسخ به پرسش‌های پژوهش از نرم‌افزار مصورسازی و علم‌سنجی «وی.او. اس. ویوور[2]» استفاده شد. به‌منظور بررسی همپوشانی‌ها و موارد تکراری در حوزه‌ها از قابلیت‌های مختلف نرم‌افزار صفحه‌گستر اکسل[3] ۲۰۱۳ بهره گرفته شد. از نرم‌افزار تحلیل آماری «اس. پی. اس. اس.[4]» برای محاسبه فراوانی‌ها استفاده شد. از نرم‌افزار آنلاین، «دراو[5]» به‌منظور طراحی گراف و درخت‌های پوشا بهره گرفته شد.

[1] . Goldstone & Leydesdorff
[2] . VOS viewer
[3] . Excel
[4] . SPSS
[5] . https://www.draw.io/

جامعه آماری و روش نمونه‌گیری پژوهش

جامعه آماری این پژوهش، کلیه مقاله‌های بین‌المللی ایران به زبان انگلیسی در قالب مقاله در چهار حوزه نانو، زیستی، شناختی و اطلاعات مربوط به سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ است که در پایگاه استنادی بین‌المللی اسکوپوس[1] نمایه شده است. اطلاعات کتابشناختی در قالب فایل اکسل در تاریخ ۶ سپتامبر ۲۰۱۶ میلادی مطابق با ۱۶ شهریورماه ۱۳۹۵ شمسی از این پایگاه استخراج و ذخیره شد. ازآنجاکه کل مقاله‌ها در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، نمونه‌گیری انجام نشد. بر این اساس، حجم جامعه موردمطالعه به شرح جدول ۱ است:

جدول ۱. جامعه موردمطالعه

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

برای بازیابی مقاله‌های مربوط به حوزه فناوری زیستی از دسته‌بندی پایگاه اسکوپوس تحت عنوان: «زیست-شیمی، ژنتیک، زیست‌شناسی ملکولی۲» (BIOC) استفاده شد. برای مقاله‌های حوزه فناوری اطلاعات از دسته‌بندی موضوعی متعلق به اسکوپوس که تحت عنوان: «علوم رایانه۳» (COMP) مطرح شده، استفاده شد. برای حوزه علوم شناختی در پایگاه استنادی اسکوپوس، یک دسته موضوعی به نام «علوم اعصاب۴» (NEUR) وجود دارد. ازآنجاکه حوزه نانو، رده موضوعی مستقلی در پایگاه استنادی اسکوپوس ندارد به منظور بازیابی مقاله‌های مرتبط، فرمول زیر مبنای کار قرار گرفت:

((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"))

شاخص‌های مورداستفاده

تأثیرگذاری و تأثیرپذیری حوزه‌ها

شاخصی که می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد همپوشانی و ارتباطات حوزه‌ها ارائه دهد، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری حوزه‌هاست. تأثیرگذاری یک حوزه به معنی درصدی از استنادهای آن حوزه است که در مقاله‌های

[1]. Scopus
[2]. Biochemistry, Genetics and Molecular Biology
[3]. Computer Science
[4]. Neuroscience

سایر حوزه‌ها نیز مورد استناد قرار گرفته است. تأثیرپذیری نیز به معنای درصد استنادهایی است که از سایر حوزه‌ها به این حوزه وارد شده است. این شاخص برای اولین بار به این صورت مطرح و مورداستفاده قرار گرفت. در برخی از مطالعات از این شاخص به شکل‌های دیگر استفاده شده است. برای محاسبه شاخص تأثیرپذیری یک حوزه از سایر حوزه‌ها، مجموع استنادهای مشترک سایر حوزه‌ها با آن حوزه خاص بر تعداد کل استنادهای اختصاصی آن تقسیم و در صد ضرب شد. برای محاسبه شاخص تأثیرگذاری یک حوزه بر سایر حوزه‌ها، مجموع استنادهای مشترک این حوزه با سایر حوزه‌ها بر تعداد کل استنادهای اختصاصی آن تقسیم و در صد ضرب می‌شود. از تقسیم شاخص تأثیرگذاری تقسیم بر شاخص تأثیرپذیری، چهار حالت پدید می‌آید: اگر این نسبت صفر باشد، آن حوزه نه اثرگذار بوده و نه اثرپذیر. اگر این عدد بین صفر و یک باشد، بیانگر این نکته است که اثرگذاری آن حوزه بر سایر حوزه‌ها کمتر از اثرپذیری آن از سایر حوزه‌هاست. اگر دقیقاً یک باشد، نشان می‌دهد که اثرگذاری و اثرپذیری یک حوزه، برابر بوده است. اگر این نسبت عددی بیش از یک باشد بیانگر این نکته است که اثرگذاری آن حوزه بر سایر حوزه‌ها بیشتر از اثرپذیری آن از سایر حوزه‌هاست.

شاخص شمول (دربردارندگی)

شاخص شمول یا دربردارندگی، یک روش «شباهت‌سنجی نامتقارن»[1] است که شباهت یک مجموعه فرضی به نام الف را به مجموعه فرضی ب، متفاوت از شباهت ب به الف می‌داند. برای محاسبه شاخص دربردارندگی از فرمول زیر استفاده می‌شود (کین[2]، 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 ازنظر وجود اجزای تشکیل‌دهنده آنهاست. اگر عدد حاصل شده، در صد ضرب شود، درصد شباهت به دست می‌آید.

نظریه گراف

در ریاضیات و علوم رایانه، نظریه گراف۳ 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 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).

1 . Asymmetric similarity metric
2. Qin
3 . Graph Theory

درخت پوشای بیشینه[1]

در رشته 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 (دیستل[2]، ۲۰۰۵، ص. ۱۳).

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، ص. ۱۳).

اهداف پژوهش

این پژوهش در راستای تحقق اهداف زیر گام برمی‌دارد:

هدف اصلی: بررسی ماهیت میان‌رشتگی مقاله‌های چهار حوزه علوم نانو، زیستی، شناختی و اطلاعات براساس تکنیک هم استنادی

اهداف جزئی:

- ✓ وضعیت کلی استناد بین نویسندگان مشترک در چهار حوزه موردمطالعه.
- ✓ تعیین همپوشانی استنادها به نویسندگان مشترک بین حوزه‌ها به‌صورت ترکیب‌های دو و سه‌گانه.
- ✓ شناسایی میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری حوزه‌ها از یکدیگر.
- ✓ بررسی روابط هم‌استنادی چهار حوزه براساس نظریه گراف.

پرسش‌های پژوهش

با توجه به اهداف تعیین شده، پاسخ به پرسش‌های زیر ضروری است:

۱. وضعیت کلی استناد بین نویسندگان مشترک در چهار حوزه موردمطالعه چگونه است؟
۲. همپوشانی استنادها به نویسندگان مشترک بین حوزه‌ها به‌صورت ترکیب‌های دو و سه‌گانه به چه صورت است؟
۳. میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری حوزه‌ها از یکدیگر چه میزان است؟
٤. روابط هم‌استنادی چهار حوزه براساس نظریه گراف چگونه است؟

یافته‌ها

در این بخش، در ابتدا وضعیت کلی استنادهای چهار حوزه موردمطالعه ارائه می‌شود. سپس وضعیت استنادهای مشترک در حوزه‌ها به‌صورت دو به دو ارائه شده و همپوشانی استنادها به‌صورت ترکیب دو به دو براساس

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

شاخص شمول محاسبه می‌شود. در ادامه، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری حوزه‌ها و نسبت این دو شاخص گزارش می‌شود. وضعیت استنادهای مشترک در حوزه‌ها به‌صورت ترکیب سه‌تایی و نیز میزان همگنی ترکیب‌های سه‌تایی براساس استنادهای مشترک از مواردی است که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود. روابط استنادی چهار حوزه براساس نظریه گراف و قوی‌ترین و ضعیف‌ترین ارتباط و همپوشانی ازجمله شاخص‌هایی است که مورد توجه قرار می‌گیرد.

وضعیت کلی استناد به نویسندگان در چهار حوزه موردمطالعه

وضعیت کلی استناد به نویسندگان در چهار حوزه موردمطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. بر این اساس، مقاله‌های حوزه نانو به‌طورکلی ۸۱۳۴۳۳ بار بین نویسندگان مختلف استناد کرده‌اند. مقاله‌های حوزه زیستی ۱۳۹۰۰۷۹ بار به نویسنده‌های مختلف استناد کرده‌اند. مقاله‌های حوزه اطلاعات ۳۹۴۹۱۴ بار و مقاله‌های حوزه شناختی نیز ۱۹۲۷۱۲ بار نویسندگان مختلف را مورد استناد قرار داده‌اند. بیشترین میزان استناد مربوط به مقاله‌های حوزه زیستی و کمترین استناد نیز مربوط به حوزه شناختی بوده که درواقع متناسب با میزان انتشارات این حوزه‌هاست.

جدول ۲. وضعیت کلی استناد به نویسندگان در هر یک از حوزه‌های موردمطالعه

ردیف	حوزه	کل تولیدات	تعداد استناد به نویسندگان	میانگین استناد به هر نویسنده
۱	نانو	۲۱۳۹۳	۸۱۳۴۳۳	۳۸
۲	زیستی	۲۷۴۶۹	۱۳۹۰۰۷۹	۵۰.۶
۳	اطلاعات	۱۶۳۵۸	۳۹۴۹۱۴	۲۴.۱
۴	شناختی	۳۵۳۵	۱۹۲۷۱۲	۵۴.۵

بررسی وضعیت کلی استنادهای مشترک در حوزه‌ها به‌صورت دو به دو

حوزه‌های چهارگانه به شکل‌های مختلف، نویسنده‌ها را مورد استناد قرار داده‌اند. جدول ۳ **Error! Reference source not found.** وضعیت استنادهای مشترک در حوزه‌ها را به‌صورت دو به دو نمایش می‌دهد. از ترکیب دو به دو حوزه‌ها شش حالت پدید آمده که حالت‌های مختلف آن در این جدول ارائه شده است. به‌طور مثال در ترکیب «نانو - شناختی» ۱۴۹۴ نویسنده وجود داشته که مقاله‌های حوزه نانو و شناختی به‌طور مشترک آنها را مورد استناد قرار داده‌اند. این نویسنده‌های مشترک، تعداد ۳۲۳۹۱ استناد در حوزه نانو معادل ۳.۴ درصد از کل استنادهای این حوزه را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین ۴۵۳۳۴ استناد معادل ۲۳.۵ درصد از کل استنادهای حوزه شناختی به این افراد اختصاص یافته است. نکته قابل ذکر اینکه، بالاترین تعداد نویسنده مشترک مورد استناد، مربوط به ترکیب حوزه «نانو - زیستی» و کمترین تعداد مربوط به حوزه «شناختی - زیستی» است.

جدول ۳. وضعیت استناد بین نویسندگان مشترک در حوزه‌ها به‌صورت دو به دو

ترکیب‌ها	تعداد نویسندگان مورد استناد مشترک	حوزه اول	مجموع نویسندگان مورد استناد	درصد از کل نویسندگان مورد استناد	حوزه دوم	مجموع نویسندگان مورد استناد	درصد از کل نویسندگان مورد استناد
نانو – شناختی	۱۴۹۴	نانو	۳۲۳۹۱	۳.۴	شناختی	۴۵۳۳۴	۲۳.۵
نانو – زیستی	۹۴۷۹	نانو	۵۸۹۵۳۳	۷۲.۵	زیستی	۵۸۲۴۶۳	۴۱.۹
نانو – اطلاعات	۴۱۳۰	نانو	۳۱۰۰۴۰	۳۸.۱	اطلاعات	۱۲۴۰۳۸	۳۱.۴
اطلاعات – شناختی	۱۴۹۴	اطلاعات	۱۱۰۱۹۹	۲۷.۹	شناختی	۴۱۷۱۶	۲۱.۶
اطلاعات – زیستی	۵۳۷۲	اطلاعات	۵۶۷۸۲	۱۴.۴	زیستی	۱۱۳۹۰۶	۸.۲
شناختی– زیستی	۱۳۴۳	شناختی	۴۳۶۷۸	۲۲.۷	زیستی	۱۰۸۶۰۹	۷.۸

بررسی همپوشانی استنادها بین نویسندگان مشترک، به‌صورت ترکیب دو به دو

در جدول ۴، همپوشانی استنادها بین نویسندگان مشترک، به‌صورت ترکیب دو به دو براساس شاخص شمول محاسبه شده است. از نکات قابل توجه این جدول، امتیاز بالای شاخص مورد بررسی برای حوزه اطلاعات در ترکیب «اطلاعات – زیستی» و پایین‌ترین امتیاز نیز مربوط به حوزه زیستی در ترکیب «شناختی – زیستی» بوده است.

جدول ٤. همپوشانی استناد بین نویسندگان مشترک به‌صورت ترکیب دو به دو براساس شاخص شمول

ترکیب‌ها	حوزه اول	امتیاز شاخص شمول	حوزه دوم	امتیاز شاخص شمول
نانو – شناختی	نانو	۴.۶	شناختی	۳.۳
نانو – زیستی	نانو	۱.۶	زیستی	۱.۶
نانو – اطلاعات	نانو	۱.۳	اطلاعات	۳.۳
اطلاعات – شناختی	اطلاعات	۱.۳	شناختی	۳.۵
اطلاعات – زیستی	اطلاعات	۹.۴	زیستی	۴.۷
شناختی – زیستی	شناختی	۳	زیستی	۱.۲

بررسی وضعیت استنادهای مشترک در حوزه‌ها به‌صورت ترکیب سه‌تایی

بررسی وضعیت استنادهای مشترک در حوزه‌ها به‌صورت ترکیب سه‌گانه، دید مناسبی در این رابطه عرضه می‌دارد. اطلاعات مرتبط در این زمینه در جدول ۵ ارائه شده است. از ترکیب چهار حوزه، چهار ترکیب سه‌تایی حاصل شده که میزان همپوشانی آنها از لحاظ استناد بین نویسندگان مشترک به نمایش درآمده است. نکته قابل ذکر اینکه، بالاترین تعداد نویسنده مورد استناد مشترک، مربوط به ترکیب حوزه‌های «نانو – اطلاعات – زیستی» و کمترین تعداد مربوط به حوزه «شناختی – نانو – اطلاعات» است.

جدول ۵. وضعیت استناد بین نویسندگان مشترک در حوزه‌ها به‌صورت ترکیب سه‌تایی

ترکیب ها	تعداد نویسندگان موردااستناد مشترک	حوزه اول	مجموع فراوانی نویسندگان مورد استناد	درصد از کل استنادها	حوزه دوم	مجموع فراوانی نویسندگان مورد استناد	درصد از کل استنادها	حوزه سوم	مجموع فراوانی نویسندگان مورد استناد	درصد از کل استنادها
نانو – شناختی – زیستی	۱۳٤٤	نانو	۱۰۸٦۰۹	۱۳,۳	شناختی	٤۳٦٥٥	۲۲,٦	زیستی	۱۱۱۷۲۹	۸
نانو – اطلاعات – زیستی	۲۷۸۰	نانو	۹۷۰۲۸	۱۱,۹	اطلاعات	۲۸٦٥۳۱	۷۲,٥	زیستی	۲۷٦۷۳۷	۱۹,۹
اطلاعات – شناختی – زیستی	۱۱۹۰	اطلاعات	۱۱۳۹۸۰	۲۸,۹	شناختی	۷۷۲۰۲	٤۰	زیستی	۲۷۳٤۳۸	۱۹,۷
شناختی – نانو – اطلاعات	۷۸۹	شناختی	٤٤۸۷۷	۲۳,۳	نانو	۸۲٦۱٥	٥,٥	اطلاعات	۲٥٤٤۹	٤,۲

بررسی میزان همگنی ترکیب‌های سه‌تایی براساس استنادهای مشترک

برای اینکه بدانیم ترکیب‌های سه‌گانه از حوزه‌های موردمطالعه، کدام‌یک ازنظر نحوه استناددهی، همگن‌تر بوده و یا ساختار مشابه‌تری نسبت به سایر ترکیب‌ها دارند براساس داده‌های جدول ۶، میزان همگنی، به‌صورت جمع کل تعداد استنادهای مشترک سه حوزه تقسیم بر تعداد کل استنادهای هر یک از حوزه‌ها محاسبه شد. بر این اساس، شاخص مذکور در **Error! Reference source not found.**، برای سه ترکیب «نانو – شناختی – زیستی»، عدد ۱۱.۴ حاصل شده است. برای ترکیب «نانو – اطلاعات – زیستی» این شاخص ۲۵.۴ و برای ترکیب «اطلاعات – شناختی – زیستی» ۲۳.۲ به دست آمده است. برای آخرین ترکیب یعنی «شناختی – نانو – اطلاعات» نیز عدد ۱۰.۹ به دست آمده است. بر این اساس، در ترکیب سه‌گانه «نانو – اطلاعات – زیستی»، از بعد استناد بین نویسندگان مشترک، هماهنگی یا میان‌رشتگی بیشتری دیده می‌شود. بعد از این ترکیب، ترکیب حوزه‌های «اطلاعات – شناختی – زیستی» قرار دارد.

جدول ٦. میزان همگنی ترکیب‌های سه‌تایی براساس استنادهای مشترک

ترکیب‌ها	درصد استنادهای مشابه
نانو – شناختی – زیستی	۱۱.۴
نانو – اطلاعات – زیستی	۲۵.۴
اطلاعات – شناختی – زیستی	۲۳.۲
شناختی – نانو – اطلاعات	۱۰.۹

میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری حوزه‌ها

شاخص دیگری که می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد همپوشانی و ارتباطات حوزه‌ها در حوزه استنادها ارائه دهد، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری حوزه‌هاست. در اینجا تأثیرگذاری یک حوزه به معنی درصدی از استنادهای آن حوزه به نویسندگانی است که در مقاله‌های سایر حوزه‌ها نیز مورد استناد قرار گرفته است. تأثیرپذیری نیز به معنای درصد استناد به نویسنده‌هایی است که از سایر حوزه‌ها به این حوزه وارد شده است. شایان ذکر است علت اینکه از این استنادهای مشترک، دو عدد متفاوت حاصل شده، این است که علاوه بر استنادهای مشترک، استنادهای اختصاصی هر حوزه نیز مورد توجه قرار گرفته تا به این صورت اهمیت و جایگاه

استنادهای مشترک مشخص شود. اطلاعات مربوط به این شاخص در **Error! Reference source not found.** جدول ۷ ارائه شده است.

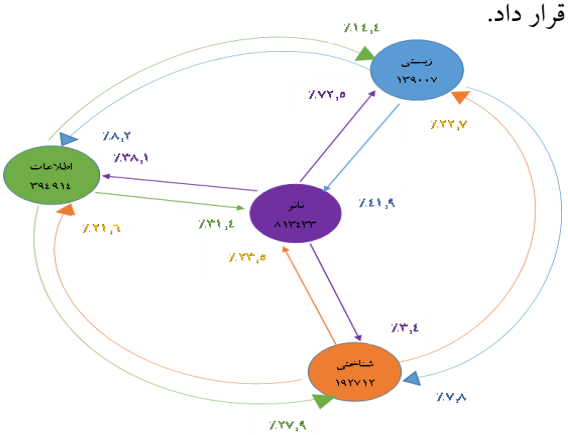
برای محاسبه شاخص تأثیرپذیری حوزه نانو از سایر حوزه‌ها، مجموع استنادهای مشترک سایر حوزه‌ها با این حوزه بر تعداد کل استنادهای اختصاصی آن تقسیم و بر این اساس، شاخص مذکور برای این حوزه ۱۱۴.۵ حاصل شد. برای محاسبه شاخص تأثیرگذاری حوزه نانو بر سایر حوزه‌ها، مجموع استنادهای مشترک این حوزه با سایر حوزه‌ها بر تعداد کل استنادهای اختصاصی آن تقسیم و بر این اساس، شاخص مذکور برای این حوزه ۹۲.۴ حاصل شد. نسبت این دو عدد ۰.۸۱ بوده و بیانگر این نکته است که اثرگذاری حوزه نانو بر سایر حوزه‌ها بیش از اثرپذیری آن از سایر حوزه‌هاست.

جدول ۷. میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری حوزه‌ها

حوزه‌ها	تأثیرپذیری	تأثیرگذاری	نسبت تأثیرپذیری به تأثیرگذاری
نانو	۱۱۴.۵	۹۲.۴	۰.۸۱
زیستی	۴۹.۶	۵۷.۹	۰.۱۵
اطلاعات	۱۱۷.۹	۷۳.۶	۱.۶
شناختی	۱۱۳.۵	۶۷.۸	۱.۷

روابط استنادی چهار حوزه براساس نظریه گراف

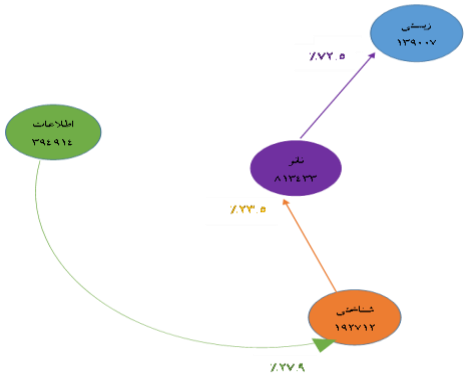
شبکه نمایش داده شده در شکل ۱، یک گراف جهت‌دار و وزن‌دار است که روابط بین چهار حوزه نانو، زیستی، اطلاعات و شناختی را براساس ارتباطات استنادی آنها به نمایش گذاشته است. وزن هر یال جهت‌دار، درصدی از استنادهای آن حوزه را نمایش می‌دهد که در مقاله‌های رأس (یا حوزه) مقصد به آنها استناد شده است. شبکه نمایش داده شده در شکل اطلاعات مفیدی در مورد میزان همپوشانی این چهار حوزه به دست می‌دهد. به‌عنوان نمونه، ۷۲.۵ درصد از استنادهای حوزه نانو مواردی بوده‌اند که در مقاله‌های حوزه زیستی نیز مورد استناد قرار گرفته‌اند و تنها ۳.۴ درصد از استنادهای حوزه نانو در حوزه شناختی تکرار شده‌اند. برای تحلیل بیشتر در مورد ارتباطات و همپوشانی این چهار حوزه، شبکه موجود در تصویر را از چند زاویه می‌توان مورد بررسی قرار داد.



شکل ۱. شبکه ارتباطی چهار حوزه نانو، اطلاعات و شناختی براساس همپوشانی استناد بین نویسندگان

قوی‌ترین ارتباط و همپوشانی

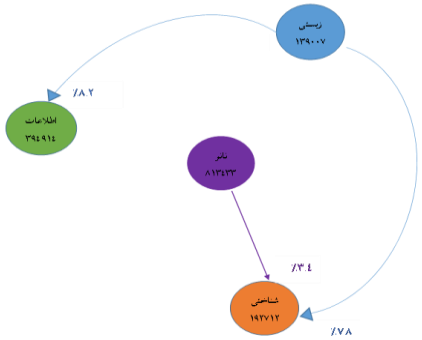
درخت پوشای بیشینه، قوی‌ترین ارتباط و همپوشانی بین چهار حوزه را براساس استناد بین نویسندگان و به نوعی ستون فقرات شبکه ارتباطات استنادی را نمایش می‌دهد. همان‌طور که از گراف مندرج در شکل ۲ برمی‌آید دو حوزه «نانو – زیستی» و «اطلاعات – شناختی» قوی‌ترین ارتباطات استنادی بین نویسندگان را بین خود برقرار کرده‌اند. همگرایی بیشتر در این شبکه و به‌ویژه تعامل بالاتر حوزه نانو با حوزه زیستی باعث استحکام بیشتر ستون فقرات شبکه ارتباطات استنادی حوزه‌های موردمطالعه خواهد شد.



شکل ۲. درخت پوشای بیشینه شبکه استنادهای مشابه

ضعیف‌ترین ارتباط و همپوشانی

شبکه موجود در شکل ۳، درخت پوشای کمینه از شبکه ارتباط استنادی چهار حوزه را نمایش می‌دهد. این شبکه، ضعیف‌ترین و سست‌ترین ارتباط میان حوزه‌ها را ازنظر شباهت استنادی، به تصویر می‌کشد. به‌طور نمونه حوزه نانو با حوزه شناختی کمترین پیوند را ازنظر استناد برقرار کرده است. درمجموع همپوشانی و تعاملات مشخص شده میان حوزه‌ها در این تصویر کم بوده و لذا برای همپوشانی بیشتر و ارتباط مؤثر و متأثر شبکه ارتباط استنادی، باید همپوشانی‌های نمایش داده شده در این تصویر افزایش یابد.



شکل ۳. درخت پوشای کمینه شبکه استنادهای مشابه

بحث و نتیجه‌گیری

در بحث روابط و الگوهای استنادی در میان دو یا چند رشته، استناد به نویسندگان مشابه نمایانگر آن است که نویسندگان مورد استناد، به لحاظ تخصص موضوعی و یا انتشار مقاله‌های میان‌رشته‌ای، این قابلیت را دارند که

از سوی مقاله‌های حوزه‌های مختلف، مورد استناد قرار گیرند. از طرف دیگر، مقاله‌های مورد تحلیل این ظرفیت را دارند که از بروندادهای علمی افراد مختلف و احیاناً دارای تخصص‌های متفاوت، به‌منظور اعتباربخشی به آثار خود استفاده کنند.

بررسی همپوشانی حوزه‌ها به‌صورت ترکیب دو به دو بر اساس استناد به نویسندگان مشترک

حوزه‌های چهارگانه به شکل‌های مختلف، نویسنده‌ها را مورد استناد قرار داده‌اند. در بررسی استنادهای مشترک در حوزه‌ها به‌صورت دو به دو، این نتیجه حاصل شد که بالاترین تعداد نویسنده مشترک مورد استناد، مربوط به ترکیب حوزه «نانو - زیستی» است. در همین رابطه، رافولز، میر و پارک (۲۰۰۹) رشته‌های استنادشده حوزه نانو را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که این حوزه عمدتاً بر مبنای رشته‌های شیمی، علم مواد و همچنین برخی حوزه‌های زیست‌شناسی شکل گرفته است.

کمترین تعداد نیز به حوزه «شناختی - زیستی» تعلق دارد. این یافته را شاید بتوان همسو با مطالعه پورتر و رافولز (۲۰۰۹) دانست. آنها در مورد چگونگی تغییر در درجه میان‌رشتگی در شش حوزه مطالعاتی به بررسی پرداختند. فناوری زیستی و میکروبیولوژی کاربردی و علوم عصب‌شناختی ازجمله حوزه‌های موردمطالعه این پژوهشگران بود. یافته‌های کلی این پژوهشگران مشخص کرد که علم واقعاً در حال میان‌رشته‌ای‌تر شدن است اما با گام‌های کوچک که عمدتاً از رشته‌های نزدیک شروع و به افزایش متعادل‌تر در ارتباطات با حوزه‌های شناختی دورتر می‌رسد.

نکته جالب توجه در همین رابطه، میزان مساوی دو حوزه ترکیبی «نانو – شناختی» و «اطلاعات – شناختی» ازنظر تعداد استناد به نویسندگان مشترک است. به‌این‌ترتیب، دو حوزه نانو و زیستی به میزان زیادی این قابلیت را دارند که از آثار نویسندگان مشترکی جهت استناد به مقاله‌های خود بهره‌مند شوند.

در تحلیل فوق، «تعداد استناد به نویسندگان مشترک» مهم بود، اما در تحلیلی که در ادامه ارائه می‌شود، هر دو «استنادهای مشترک» و نیز «استنادهای اختصاصی به نویسندگان»، ملاک مقایسه قرار می‌گیرد. بررسی میزان همپوشانی استنادها بین نویسندگان مشترک، به‌صورت ترکیب دو به دو براساس شاخص شمول، نمایانگر میزان شباهت الگوهای استنادی یک حوزه به حوزه دیگر است. این شاخص درواقع میزان مشابهت ساختار فکری حوزه‌ها را به‌صورت دو به دو می‌سنجد. در ترکیب «نانو - شناختی»، حوزه نانو ازنظر استنادهای خود مشابهت بیشتری با حوزه شناختی دارد.

در ترکیب «نانو - زیستی»، میزان مشابهت دو حوزه با یکدیگر برابر است. به این معنی که این دو حوزه به یک اندازه نویسندگانی در اختیار دارند که می‌توانند در مقاله‌های خود به آثار ایشان استناد کنند. در همین رابطه، یان (۲۰۱۴) با استفاده از رویکرد تحلیل استنادی، مسیرهای دانشی عمده‌ای را شناسایی کرد که از آن جمله استناد از حوزه «زیست‌شیمی و زیست‌شناسی ملکولی» به شیمی، میان‌رشته‌ای، علم مواد، چندرشته‌ای، فیزیک، کاربردی و مهندسی، برق و الکترونیک بود که از این یافته تا حدودی نفوذ و تعامل حوزه زیست‌شناسی با علم نانو را می‌توان استنباط نمود.

میزان شباهت ساختار استنادی مقاله‌های حوزه اطلاعات به مقاله‌های حوزه نانو در ترکیب «نانو – اطلاعات»، بیشتر است. به‌این‌ترتیب، امکان بیشتری جهت بهره‌گیری از نویسندگان حوزه نانو برای پژوهشگران حوزه اطلاعات وجود دارد. در ترکیب «اطلاعات – شناختی» ساختار استنادی مقاله‌های حوزه شناختی به مقاله‌های حوزه اطلاعات شباهت بیشتری دارد. درواقع، برای پژوهشگران حوزه شناختی امکان بیشتری جهت بهره‌گیری از نویسندگان مقاله‌های حوزه اطلاعات وجود دارد. گلداستون و لیدسدورف (۲۰۰۶) در پژوهش خود که به بررسی میزان میان‌رشتگی این حوزه براساس استنادهای دریافتی و استناد به دیگر حوزه‌ها اختصاص داشت نشان دادند که نتایج تحلیل خروجی‌های این حوزه برای داده‌های استنادشده شامل پنج حوزه بوده که بیشترین سهم آن به علوم رایانه/هوش مصنوعی تعلق داشته است.

ازنظر استناد به نویسندگان، در ترکیب «اطلاعات – زیستی» میزان شباهت حوزه اطلاعات به حوزه زیستی بیشتر است. به‌این‌ترتیب، ساختار فکری مقاله‌های حوزه اطلاعات به مقاله‌های حوزه زیستی نزدیک‌تر است. در آخرین ترکیب یعنی «شناختی – زیستی» میزان مشابهت حوزه شناختی به زیستی ازنظر استناد بین نویسندگان مشترک، بیشتر شبیه است. در حقیقت، نقاط اشتراک استنادی زیادی برای مقاله‌های حوزه شناختی در مقاله‌های حوزه زیستی وجود دارد.

از نکات قابل توجه در این رابطه، امتیاز بالای شاخص شمول برای حوزه اطلاعات در ترکیب «اطلاعات – زیستی» و پایین‌ترین امتیاز نیز مربوط به حوزه زیستی در ترکیب «شناختی – زیستی» است. به‌این‌ترتیب می‌توان عنوان کرد که ساختار الگوی استنادی به نویسندگان در مقاله‌های حوزه فناوری اطلاعات، بیشترین شباهت را به مقاله‌های حوزه فناوری زیستی داشته است. این واقعیت، نمایانگر اشتراکات بالای این دو حوزه در بهره‌گیری از منابع مورد استناد در فعالیت‌های پژوهشی است. از طرف دیگر، ساختار الگوی استنادی به نویسندگان در مقاله‌های حوزه فناوری زیستی، کمترین شباهت را به مقاله‌های حوزه علوم شناختی داشته است. ذکر این نکته، ضروری است که پایین بودن این شاخص، بی‌ارتباط بودن این دو حوزه با هم از بُعد استناد به نویسندگان مشابه را نشان نمی‌دهد بلکه در مقایسه با سایر ترکیب‌ها، این دو حوزه در شرایط پایین‌تری قرار دارند.

میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری حوزه‌ها

شاخص دیگری که به‌منظور مقایسه همپوشانی و ارتباطات حوزه‌ها در حوزه استنادها استفاده شد، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری حوزه‌هاست. این شاخص از آن جهت که موقعیت یک حوزه را در برابر سایر حوزه‌ها نمایان می‌کند، اهمیت دارد.

نتایج حاصل از محاسبه این شاخص، حاکی از آن است که حوزه فناوری اطلاعات بیشترین تأثیرپذیری را از سایر حوزه‌ها داشته است. به این مفهوم که برای سه حوزه نانو، زیستی و شناختی نویسندگان مورد استناد زیادی وجود داشته‌اند که مقاله‌های حوزه اطلاعات از آنها جهت استناد، استفاده کرده‌اند. همچنین حوزه زیستی، کمترین تأثیرپذیری را از سایر حوزه‌ها داشته است. به این معنی که در سه حوزه نانو، اطلاعات و شناختی، نویسندگان کمی وجود داشته‌اند که مقاله‌های حوزه زیستی بتوانند جهت استناد، از آنها بهره‌مند شوند.

حوزه نانو بیشترین تأثیرگذاری را بر دیگر حوزه‌ها داشته است. به‌این‌ترتیب مشخص می‌شود که در حوزه نانو نویسندگان مورد استناد زیادی بوده‌اند که دیگر حوزه‌ها امکان بهره‌گیری از آنها جهت استناد به آثار خود

را داشته باشند. پورتر و یوتی (۲۰۰۹) نیز تأیید کردند رشته‌های کلانی که بیشترین میزان تبادل استناد را با مقاله‌های حوزه نانو داشته‌اند عبارت بودند از: علوم زیست پزشکی، علوم رایانه، پزشکی بالینی، علوم و فناوری محیطی، علوم شناختی و سلامت.

حوزه زیستی نیز کمترین میزان تأثیرگذاری بر دیگر حوزه‌ها را داشته است. در حقیقت می‌توان چنین بیان کرد که در حوزه زیستی، نویسندگان مورد استناد کمی وجود داشته‌اند که سایر حوزه‌ها قادر باشند از آنها جهت استناد به مقاله‌های خود از آنها بهره ببرند.

از مقایسه میزان تأثیرپذیری بر تأثیرگذاری حوزه‌ها، چنین برمی‌آید که بالاترین تعامل با فاصله کمی از هم دو حوزه شناختی و اطلاعات با سایر حوزه‌ها از جنبه استناد به نویسندگان مشابه داشته‌اند.

ترکیب همگن سه حوزه

برای آگاهی از اینکه ترکیب‌های سه‌گانه از حوزه‌های موردمطالعه، کدام‌یک ازنظر نحوه استناددهی به پدیدآورندگان مشترک، ساختار مشابه‌تری نسبت به سایر ترکیب‌ها دارند، از شاخص همگنی استفاده شد. نتایج حاصل از به‌کارگیری این شاخص نمایانگر آن است که دو ترکیب «نانو – اطلاعات – زیستی» و «اطلاعات – شناختی – زیستی» تقریباً ساختار استنادی مشابه دارند. دو ترکیب «نانو – شناختی – زیستی» و «شناختی – نانو – اطلاعات» نیز تقریباً به یک اندازه از ساختار استنادی مشابه بهره برده‌اند. اما هماهنگی این دو ترکیب ازنظر ساختار فکری، یک‌دوم میزان هماهنگی دو ترکیب قبلی است.

براین اساس، در ترکیب سه‌گانه «نانو – اطلاعات – زیستی»، از بعد استناد بین نویسندگان مشترک، هماهنگی یا میان‌رشتگی بیشتری دیده می‌شود. درواقع، این حوزه‌ها در مقایسه با سایر ترکیب‌های سه‌گانه، امکان بیشتری جهت بهره‌گیری از آثار نویسندگان به‌منظور استناددهی در مقاله‌های خود را دارا هستند. بعد از این ترکیب، ترکیب حوزه‌های «اطلاعات – شناختی – زیستی» قرار دارد.

روابط استنادی چهار حوزه براساس نظریه گراف

بر اساس درخت پوشای بیشینه، در بین دو حوزه «نانو — زیستی» و «اطلاعات — شناختی» قوی‌ترین ارتباطات استنادی بین نویسندگان برقرار شده است. ازآنجاکه این روابط، ستون فقرات شبکه ارتباطات استنادی را تشکیل می‌دهند، همگرایی بیشتر در این حوزه‌ها و به‌ویژه تعامل بالاتر حوزه نانو با حوزه زیستی باعث استحکام بیشتر در پیوندهای بین حوزه‌های موردمطالعه خواهد شد.

بر مبنای درخت پوشای کمینه، حوزه نانو با حوزه شناختی و حوزه زیستی با حوزه‌های اطلاعات و شناختی، کمترین پیوند را ازنظر استنادهای مشابه برقرار کرده‌اند. برای همپوشانی بیشتر و ارتباط مؤثر و متأثر شبکه ارتباط استنادی، لازم است همپوشانی و تعاملات در این حوزه‌ها افزایش یابد.

اهم نتایج این پژوهش عبارتست از:

بر مبنای داده‌های حاصل شده، وضعیت کلی استناد بین نویسندگان در چهار حوزه موردمطالعه بیانگر این است که بیشترین میزان استناد، مربوط به مقاله‌های حوزه زیستی و کمترین استناد نیز متعلق به حوزه شناختی بوده که درواقع متناسب با میزان انتشارات این حوزه‌هاست.

در بررسی همپوشانی حوزه‌ها به صورت ترکیب دو به دو بر اساس استناد به نویسندگان مشترک، این نتیجه حاصل شد که بالاترین تعداد نویسنده مشترک مورد استناد، مربوط به ترکیب حوزه «نانو - زیستی» است.

نتایج حاصل از محاسبه شاخص «میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری حوزه‌ها»، حاکی از آن است که حوزه فناوری اطلاعات بیشترین تأثیرپذیری را از سایر حوزه‌ها داشته است. به این مفهوم که برای سه حوزه نانو، زیستی و شناختی نویسندگان مورد استناد زیادی وجود داشته‌اند که مقاله‌های حوزه اطلاعات از آنها جهت استناد، استفاده کرده‌اند.

نتایج حاصل از بکارگیری شاخص همگنی نمایانگر آن است که دو ترکیب «نانو - اطلاعات - زیستی» و «اطلاعات - شناختی - زیستی» تقریباً ساختار استنادی مشابه دارند.

بررسی روابط استنادی چهار حوزه براساس نظریه گراف بر اساس درخت پوشای بیشینه، نشان داد که در بین دو حوزه «نانو — زیستی» و «اطلاعات — شناختی» قوی‌ترین ارتباطات استنادی بین نویسندگان برقرار شده است.

منابع

پایا، علی و کلانتری نژاد، رضا (۱۳۸۹). ارزیابی فلسفی و دلالت‌های سیاست‌گذارانه تأثیرات چهارمین موج توسعه علمی و فناورانه بر فرهنگ و جامعه. *سیاست علم و فن آوری*، ۴(۸)، ۲۵-۳۳.

روکو، میهال‌سی و بین‌بریج، ویلیام سیمز (۱۳۹۱). *نقش فناوری‌های همگرا در بهبود عملکرد انسانی*. مترجمان علیرضا فرشچی، مصطفی مهرورزی، تهران: مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی.

گریمالدی، رالف (۱۳۷۹). *ریاضیات گسسته و ترکیبیاتی*. جلد سوم، ترجمه دکتر محمدعلی رضوانی و دکتر بیژن شمس. تهران: انتشارات فاطمی.

References

Ba, Z., Cao, Y., Mao, J. *et al.* (2019). A hierarchical approach to analyzing knowledge integration between two fields—a case study on medical informatics and computer science. *Scientometrics*, 119**,** 1455–1486.

Chen, S., Arsenault, C., Gingras, Y., & Larivière, V. (2015). Exploring the interdisciplinary evolution of a discipline: The case of biochemistry and molecular biology. *Scientometrics*, 102(2), 1307-1323.

Diestel, R. (2005). Graph Theory. Electronic Edition. www.esi2.us.es/~mbilbao/pdffiles/DiestelGT.pdf

Goldstone, R. L., & Leydesdorff, L. (2006). The Import and Export of Cognitive Science. *Cognitive Science*, 30, 983-993.

Hernández, I (2019). Big and small techno-scientific worlds. The USA vis-a-vis Latin American countries (LAC) and the transition towards NBIC technological convergence. Scientometrics.

Karunan, K., Lathabai, H.H. & Prabhakaran, T. (2017). Discovering interdisciplinary interactions between two research fields using citation networks. Scientometrics, 113, 335–367.

Nordmann, A. (2004). Converging Technologies–Shaping the Future of European Societies [Report]. Fore sighting the New Technology Wave; European Commission.

Organization for Economic Co-operation and Development (2014). Challenges and Opportunities for Innovation through Technology: The Convergence of Technologies. http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DSTI/STP(2013)15/FINAL&docLanguage=En

Porter, A. L., & Rafols, I. (2009). Is science becoming more interdisciplinary? Measuring and mapping six research fields over time. *Scientometrics*, 81(3), 719–745.

Porter, A.L., & Youtie, J. (2009). How interdisciplinary is nanotechnology? *Journal of Nanoparticle Research*, 11(5), 1023–1041.

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.

Rafols, I., Park, J-H., & Meyer, M. (2010). Hybrid Nanomaterials Research: Is it Really Interdisciplinary? In: Rurack, Knut & Martinez-Máñez, Ramon, Eds. The Supramolecular Chemistry of Organic-Inorganic Hybrid Materials. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, US, pp. 673-688.

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.

Wang, L., & Notten, A. (2011). Mapping the interdisciplinary nature and co-evolutionary patterns in five nano-industrial sectors. Paper presented at the DIME Final Conference, 6-8 April, Maastricht.

Yan, E. (2014). Finding knowledge paths among scientific disciplines. *Journal of the Association for Information Science & Technology*, 65(11), 2331-2347.