

نگاشت ساختار فکری حوزه موضوعی ترمودینامیک بر اساس برونداهای علمی ایرانیان در مجلات نمایه‌شده در وبگاه علوم مؤسسه تامسون رویترز

رسول زوارقی^{۱*}، غلامرضا فدایی^۲

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۵

چکیده

هدف: هدف از این پژوهش بررسی و مصورسازی ساختار فکری حوزه موضوعی ترمودینامیک بر اساس برونداهای دانشمندان ایرانی این حوزه در بازه زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸ (۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹) است.

روش: جامعه این پژوهش را کل ارجاعات انتشارات ایرانیان در این حوزه تشکیل می‌دهد. نمونه پژوهش نیز ۱ درصد بالای نویسندگان پایه این حوزه هستند. این پژوهش علم‌سنجی با رویکرد تحلیل هم‌استنادی نویسنده صورت گرفت و برای تحلیل جایگاه شبکه‌ای نویسندگان پایه نیز، از روش تحلیل شبکه‌های اجتماعی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش ارائه تصویر کلانی از شالوده‌های فکری این حوزه به صورت تصویری و تحلیل آن است. بر این مبنا سعی شد نویسندگان پایه و مرجع این حوزه بر اساس شاخص تحلیل شبکه‌های اجتماعی چون مرکزیت، تازگی، ماجولاریتی، سیلهوئت و تراکم و همچنین شاخص‌های زمانی و استنادی تحلیل شوند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل استنادی ترمودینامیک ایران، تحلیل شبکه‌های اجتماعی حوزه ترمودینامیک ایران، ترمودینامیک ایران، وضعیت شبکه علمی ترمودینامیک ایران.

مقدمه

یکی از حوزه‌های علمی پیشرو نظام علمی کشور در عرصه جهانی، حوزه موضوعی ترمودینامیک^۱ است. جست‌وجوی میزان بروندهای علمی ایرانیان در این حوزه علمی در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ (۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸) که چهار برنامه توسعه و چندین و چند راهبرد پژوهشی در سطح وزارتخانه‌های علوم، بهداشت و شورای عالی انقلاب فرهنگی اجرا شد، نشانگر آن است که نقش و جایگاه ایرانیان در بازه‌های زمانی مستقل چهارگانه مورد بررسی در این پژوهش، از نظر توسعه کمی به صورت محسوسی افزایش یافته است. به شکلی که اگر در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ همزمان با اجرای اولین برنامه توسعه کشور تنها ۲۲ مقاله در این نوع مجلات منتشر شده‌اند، در بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ همزمان با پایان یافتن برنامه چهارم توسعه، ۷۵۳ مقاله در این حوزه موضوعی توسط دانشمندان ایرانی متخصص در این علم انتشار یافته‌اند. این توسعه کمی در نهایت ایران را جزو ۹ کشور برتر این حوزه در سطح جهان قرار داده است. در این مقاله با وجود اهمیت نگاه کمی به مقوله توسعه علمی، سعی خواهد شد با نوعی دید کیفی به روابط نهان درون این حوزه نگرسته شود و زیرحوزه‌های این حوزه موضوعی، افراد پایه هر تخصص و جایگاه شبکه‌ای هر کدام از آنها با رویکردی نوین بررسی شوند. به عبارت بهتر در این پژوهش تلاش می‌شود با نوعی نگاه ساختاری به شبکه‌های هم‌استنادی که بازنمون روابط فکری علم تولیدی ایران در بازه زمانی ۲۰ ساله ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ (۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸) است، سیر تطور و تحول این حوزه بررسی شود.

جدول ۱. بررسی میزان بروندهای کمی حوزه موضوعی ترمودینامیک در پایگاه وب آف ناولج

تعداد کل استنادها	تعداد کل مقالات	تعداد کل استنادات ۲۰۰۰ -	تعداد کل مقالات ۲۰۰۴	تعداد کل استنادها ۱۹۹۵ -	تعداد کل مقالات ۱۹۹۹	تعداد کل استنادها ۱۹۹۰ -	تعداد کل مقالات ۱۹۹۴	تعداد کل استنادها ۱۹۹۰ -	تعداد کل مقالات ۲۰۰۹	تعداد کل استنادات ۲۰۰۹ -	تعداد کل مقالات ۲۰۰۹	حوزه موضوعی
۱۷۷۲۰	۷۵۳	۴۶۰۰	۲۰۳	۱۲۹۵	۶۶	۲۹۹	۲۲	۲۳۹۱۴	۱۰۴۴			ترمودینامیک

پرسش‌های پژوهش

سؤالات اصلی این پژوهش عبارتند از:

۱. روند ظهور، رشد و افول حوزه موضوعی ترمودینامیک در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ (۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸) از چه الگویی تبعیت می‌کند؟

۲. ساختار فکری حاکم بر حوزه موضوعی ترمودینامیک و تخصص‌های زیرمجموعه آن در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ (۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸) کدام است؟
سؤالات فرعی نیز عبارتند از:
 ۱. نویسندگان پایه حوزه موضوعی ترمودینامیک از نظر شاخص‌های شبکه‌ای، استنادی و زمانی، از چه الگویی تبعیت می‌کنند؟
 ۲. اصلی‌ترین قابلیت‌های فکری حوزه موضوعی ترمودینامیک در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ (۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸) کدامند؟
 ۳. روند ظهور، رشد و افول در هر کدام از تخصص‌های حوزه موضوعی ترمودینامیک در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ (۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸) از چه الگویی تبعیت می‌کند؟
 ۴. تخصص‌های شناسایی شده برای حوزه موضوعی ترمودینامیک از نظر شاخص‌های استنادی، ساختاری و شبکه‌ای در چه وضعیتی قرار دارند؟
 ۵. ویژگی‌های پویایی‌شناسانه حوزه موضوعی ترمودینامیک در دوره‌های زمانی چهارگانه از چه الگویی تبعیت می‌کند؟

تعریف اصطلاحات

در این بخش تعریفی برای اصطلاحات مهم پژوهش ارائه می‌شوند.

ساختار فکری یک حوزه علمی: استخراج مجموعه دانش دانشمندان یک حوزه موضوعی بر اساس نویسندگان پایه و روابط شبکه‌ای میان آنهاست که با استفاده از فن هم‌استنادی نویسنده^۲ برای این حوزه موضوعی مشخص خواهد شد (چن، ۲۰۰۹ الف).

قابلیت فکری: منظور از قابلیت‌های فکری، تخصص‌های شناسایی شده برای این حوزه موضوعی است که دانشمندان ایرانی در آن وارد شده‌اند و بر روی مفاهیم، نویسندگان و روابط شبکه‌ای بین آنها به اجماع رسیده‌اند.

حوزه موضوعی و تخصص: یک تخصص پژوهشی، ساختار مورد توافقی از مفاهیم یک حوزه علمی محسوب می‌شود که در این پژوهش براساس روابط هم‌استنادی میان نویسندگان و خوشه‌بندی این روابط نشان داده می‌شود (اسمال، ۱۹۸۰: ۱۸۳). تخصص در این معنا، بزرگ‌ترین واحد همگن در سیستم‌های خودسازمانده علم و هر تخصصی به داشتن مجموعه مسائل خاص خود متمایل است (موریس و مارتنز^۳، ۲۰۰۸) و بر اساس اجماع بیشتر نویسندگان یک حوزه، بر روی نویسندگان پایه و روابط شبکه‌ای میان آنها شکل می‌گیرد. در سطح بالاتر نیز حوزه

موضوعی قرار دارد که مجموعه‌ای از تخصص‌های مرتبط با هم را در برمی‌گیرد، و در نهایت رشته، مجموعه‌ای از حوزه‌های موضوعی است و واحد سازمانی برنامه‌های آموزشی و تولید دانش نیز محسوب می‌شود (داگان^۴، ۲۰۰۱: ۱۴۸۵۱).

شبکه‌های هم‌استنادی: شبکه‌های غیرجهت‌دار وزنی هستند که بر اساس فن هم‌استنادی تشکیل می‌شوند. فن هم‌استنادی بر این اصل مبتنی است که اگر بیش از دو اثر در حداقل دو استناد با هم مشترک باشند، این دو اثر از نظر موضوعی با هم مرتبط هستند. تحلیل این هم‌استنادها در بُعد کلان به تشکیل شبکه‌ای هم‌استنادی منجر خواهد شد. این شبکه‌ها خود نیز به سه دسته شبکه‌های هم‌استنادی نویسنده، مجله و مدرک تقسیم شده‌اند که در این پژوهش، شبکه‌های هم‌استنادی نویسنده مورد توجه هستند. در این نوع شبکه‌ها، ارتباط فکری زمانی ایجاد می‌شود که حداقل دو اثر، دست کم در دو استناد با اثری مشترک باشند. بنابراین ترسیم شبکه بر اساس روابط هم‌استنادی بین نویسندگان، ساختار فکری حوزه موضوعی را نشان می‌دهد.

شاخص‌های استنادی: منظور از شاخص‌های استنادی، میزان استنادهای دریافتی توسط یک نویسنده در یک دوره زمانی خاص است.

شاخص‌های ساختاری: این نوع شاخص‌ها نشانگر ساختار شناسایی شده برای این حوزه موضوعی هستند. اصلی‌ترین شاخص‌های به کار رفته به این منظور شاخص‌های ماجولاریتی^۵ و سیلوهوت^۶ هستند.

شاخص‌های زمانی: منظور از شاخص‌های زمانی، میانگین تاریخ انتشار آثار یک نویسنده و نیمه عمر استنادی^۷ آثار وی است.

شاخص‌های شبکه‌ای: منظور از شاخص‌های شبکه‌ای، شاخص‌های مأخوذ از حوزه تحلیل شبکه‌های اجتماعی در راستای بررسی شبکه‌ای ساختار این حوزه از دانش هستند. از جمله این شاخص‌ها عبارتند از مرکزیت میانی^۸ و پیج‌رنک^۹. اگر شاخص مرکزیت میانی نشانگر نویسنده‌گانی باشد که به عنوان نقاط عطف و تغییر جهت در یک حوزه موضوعی محسوب می‌شوند، شاخص پیج‌رنک، نشانگر میزان شناخته‌شدگی نویسندگان آن حوزه خواهد بود.

روند ظهور: منظور از روند ظهور یک تخصص، اولین استنادهای دریافتی و روابط هم‌استنادی برقرار شده بین نویسندگان پایه یک تخصص حوزه موضوعی است. در این پژوهش می‌توان بر اساس رنگ خطوط شبکه‌ای و رنگ دوایر ایجاد شده حول یک نویسنده، در این زمینه اظهار نظر کرد.

روند رشد: بر مبنای تعریف روند ظهور، می‌توان درباره روند رشد یک تخصص نیز نظر داد. به عبارت بهتر اگر شبکه هم‌استنادی یک تخصص، پس از دوره زمانی ظهور آن، گسترش یابد یا

به میزان استنادات دریافتی نویسندگان پایه آن حوزه افزوده شود، می‌توان گفت این تخصص همچنان مورد توجه است و رو به رشد ارزیابی می‌شود.

روند افول: بر مبنای تعریف اظهارشده برای روند ظهور، می‌توان درباره روند رشد یک تخصص نیز اعلام نظر کرد. به عبارت بهتر اگر شبکه هم‌استنادی یک تخصص، پس از دوره زمانی ظهور آن، گسترش نیابد یا به میزان استنادهای دریافتی نویسندگان پایه آن حوزه افزوده نشود، می‌توان گفت این تخصص دیگر مورد توجه نیست و رو به افول ارزیابی می‌شود.

پیشینه پژوهش

بررسی پژوهش‌های منتشرشده ایرانی در زمینه علم‌سنجی در بُعد ملی نشان می‌دهد که بیشتر مقالات منتشرشده در ایران بیشتر حالت کمی، توصیفی، صوری، فنی و غیرتفسیری دارند. منصوریان (۱۳۸۹) در این زمینه به ضعف بخش تفسیر در پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه علم‌سنجی ایران و نتیجه‌گیری و استفاده از آن در کارهای مربوط به سیاست‌گذاری علم و فناوری تأکید می‌کند. علت این امر را می‌توان به حجم انبوه داده‌های در دسترس در این نوع پژوهش‌ها و عدم تخصص موضوعی پژوهشگر و عدم استفاده از پژوهش‌های کیفی مکمل در این زمینه مربوط دانست. از این‌روست که باید گفت پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه علم‌سنجی ایران به‌جز موارد نادری، بیانی توصیفی و کمی از وضعیت موجود علمی ایران هستند، و نمی‌توان هیچ‌گونه ارزیابی و برداشت کیفی از این‌ها به‌دست داد. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد. برای مثال نوروزی‌چاکلی و نورمحمدی (۱۳۸۶) به بیان توصیفی و کمی وضعیت علم ایران در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ می‌پردازند. دانش و دیگران (۱۳۸۸) این کار را در حوزه کتابداری و اطلاع‌رسانی و در پایگاه امرالد^{۱۰} انجام داده‌اند و در نهایت میزان همکاری‌های علمی صورت گرفته در این پایگاه و در این رشته را مشخص می‌کنند یا می‌توان به سلسله کتاب‌های منتشرشده به‌وسیله پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران نیز اشاره کرد که تا به حال کتاب‌هایی گزارش‌گونه تحت عنوان دانش ایران در سطح بین‌المللی در سال ۱۹۹۹ تا سال ۲۰۰۵ منتشر کرده است. کتاب‌های «وضعیت تولیدات علمی ایران و کشورهای منطقه در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ بر اساس آمار مؤسسه اطلاعات علمی»؛ و «تحلیلی بر اشاعه دانش ایران در جهان (۱۹۹۳ تا ۲۰۰۷)» نیز از سلسله انتشارات مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور (گروه پژوهشی علم‌سنجی) بر اساس همین رویکرد منتشر شده است (همچنین کارهایی چون مهرداد^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۴؛ اعتماد و همکاران، ۱۳۸۲؛ ابراهیمی و جوکار، ۱۳۸۹؛ صبوری، ۱۳۸۵؛ ۱۳۸۹؛ ۱۳۹۰ و صبوری و پورسازان، ۱۳۸۵).
با وجود این به تازگی کارهای جدیدی با سرپرستی دکتر عصاره انجام شده است که البته آنها

نیز با بعضی محدودیت‌ها روبه‌رو هستند: اکثر آنها به تبع استفاده از نرم‌افزار هیست‌سایت گارفیلد، دید تاریخی صرف درباره حوزه‌های موضوعی مورد پژوهش ارائه می‌کنند؛ بعضی دیگر از پژوهش‌ها نیز تنها با استفاده از فنون هم‌نویسی^{۱۱} به توصیف روابط میان نویسندگان پرداخته‌اند (از جمله عصاره، نوروزی چاکلی و کشوری، ۱۳۸۹). هیچ‌کدام از پژوهش‌ها غیر از یک مورد (عصاره و مک‌کین، ۲۰۰۸) از تحلیل هم‌استنادی استفاده نکرده‌اند؛ پژوهش انجام‌شده به روش تحلیل هم‌استنادی نویسنده نیز، محدود به یک رشته بوده و شبکه هم‌استنادی تنها ۴۳ نویسنده برتر را بررسی کرده است، از سازوکار خاصی برای نامگذاری خوشه‌های شناسایی شده بهره نمی‌برد و تفسیر جامعی درباره نتایج ارائه شده نمی‌دهد.

همچنین در سایر متون تألیفی در زمینه مطالعات علم نیز، تنها به بیان توصیفی صرف از وضعیت علمی کشور اکتفا شده و هیچ کار پژوهشی مستندی مبتنی بر داده‌های علم‌سنجی ارائه نشده است. از جمله (صدیق سروستانی، ۱۳۸۰؛ خسروخاور، اعتماد، و مهربانی^{۱۳}، ۲۰۰۴ الف و ب).

با وجود این بررسی پیشینه‌های خارجی، نشانگر آن است که بیشتر این نوع پژوهش‌ها با استفاده از فنون هم‌استنادی، تحلیل شبکه‌های اجتماعی و داده‌کاوی، کارهای بسیار شایان توجه و عمده‌ای انجام داده‌اند. در این نوع پژوهش‌ها علاوه بر اینکه ساختار فکری حوزه‌های موضوعی بزرگ و کوچک، در سطوح بین‌المللی و ملی ترسیم شده، با استفاده از شاخص‌های نوینی به بررسی پارادایمیک و زمانی حوزه‌های موضوعی نیز پرداخته شده است. همچنین توجه به شاخص‌های نوینی در ارزیابی پویایی شناسی یک حوزه موضوعی دیگری از نوآوری‌های این پژوهش‌هاست. بعضی پژوهش‌ها نیز میزان بلوغ حوزه‌های موضوعی را با استفاده از شاخص‌های ساختاری بررسی کرده‌اند. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

چن، هو، و لیو^{۱۴}؛ ۲۰۰۴؛ سمویلنکو، لیو و چن^{۱۵}؛ ۲۰۰۶؛ کستف و همکاران^{۱۶}؛ ۲۰۰۶؛ کستف و همکاران^{۱۷}؛ ۲۰۰۷؛ چن، سونگ و ژو^{۱۶}؛ ۲۰۰۷؛ چن^{۱۷}؛ ۲۰۰۹؛ وارگاس کوئسدا و همکاران^{۱۷}؛ ۲۰۰۹؛ دیویدی^{۱۸} و همکاران^{۱۸}؛ ۲۰۱۰؛ لین، وانگ و تسای^{۱۹}؛ ۲۰۱۰؛ هو و چن^{۲۰}؛ ۲۰۱۱.

به هر صورت در مطالعات انجام‌شده در این زمینه، پژوهشی مشاهده نشد که به ساختار فکری علوم یک کشور در سه سطح نویسندگان پایه، تخصص‌ها و حوزه‌های موضوعی بپردازد و همچنین روند رشد ساختار فکری را در حوزه‌های موضوعی مختلف بررسی کرده باشد.

روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش از رویکرد علم‌سنجی (که در واقع نگاهی کمی به حوزه ارتباطات علمی است) بهره

گرفته می‌شود. با توجه به ماهیت این پژوهش، روش تحلیل استنادی به‌عنوان روش شناسی اصلی مطرح بوده است. برای کشف ساختار فکری در حوزه‌های موضوعی مختلف و پاسخ به سؤالات پژوهش نیز از فنونی چون هم‌استنادی نویسنده و تحلیل شبکه‌های اجتماعی استفاده خواهد شد. جامعه این پژوهش ارجاع‌های آثار نویسندگان ایرانی حوزه موضوعی ترمودینامیک منتشر شده در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ (۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸) است. برای نمونه‌گیری نیز با استفاده از ابزارهای داده‌کاوی، نویسندگانی که از بیشترین میزان استناد و روابط هم‌استنادی برخوردار بوده‌اند، به‌عنوان نمونه انتخاب می‌شوند.

گردآوری داده‌های این پژوهش با استفاده از پایگاه وب‌آف‌ناولج انجام شد. به این صورت که با مراجعه به این پایگاه آثار منتشر شده در حوزه موضوعی ترمودینامیک در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ انتخاب و ارجاع‌های این آثار بارگذاری شد. بر این مبنا روابط استنادی و هم‌استنادی میان نویسندگان پایه این حوزه شناسایی شدند.

داده‌های این پژوهش به دو دسته تقسیم می‌شوند. داده‌های خام استنادی اولیه با استفاده از فنون داده‌کاوی و داده‌های شبکه‌ای نیز با استفاده از روش‌های متنوع برگرفته از شاخص‌های تحلیل شبکه‌های اجتماعی، شاخص‌های ساختاری و زمانی تحلیل شدند. بیشتر این شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار سایت‌اسپیس تحلیل شدند. این فرآیند در ۱۴ مرحله انجام پذیرفت که شرح مختصری از آن در قالب جدول زیر ارائه می‌شود.

جدول ۲. گام‌های پژوهش

گام‌های پژوهش	شرح عمل
گام اول	بارگذاری داده‌های مربوط به ارجاعات مقالات منتشر شده در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ از پایگاه وب‌آف‌ناولج طبق رهنمودهای نرم‌افزار منتخب علت: هر نرم‌افزاری از درون‌داده‌های خاصی بهره می‌گیرد. بعضی فرم پلین تکست"، بعضی سی‌اس‌وی" و بعضی دیگر ایکس‌ام‌ال" را به‌عنوان درون‌داد می‌پذیرند.
گام دوم	انتخاب روش تحلیل هم‌استنادی نویسنده در جهت ترسیم ساختار فکری حوزه موضوعی علت: تنها از این طریق می‌توان به ساختار فکری یک حوزه موضوعی پی برد و استفاده از این روش در متون عمومیت دارد.
گام سوم	تقسیم‌بندی داده‌ها به ۴ بازه زمانی برای فراهم شدن امکان تحلیل و مقایسه شبکه علمی حوزه موضوعی در دوره‌های زمانی مختلف ملاک: برای اینکه دسته‌بندی مذکور از نظر مفهومی نیز اطلاع‌بخش باشد از تقسیم‌بندی‌های چهارگانه پنج‌ساله استفاده شد که با برنامه‌های توسعه اول تا چهارم منطبق است.

ادامه جدول ۲. گام‌های پژوهش

گام چهارم	<p>استفاده از سه حد آستانه میزان استناد دریافتی، هم‌استنادی و ضریب هم‌استنادی^{۲۴}</p> <p>هدف: نمونه‌گیری از میان حجم انبوه نویسندگان مورد استناد با تکیه بر اصلی‌ترین نویسندگان پایه به منظور تشکیل شبکه هم‌استنادی به نحوی که برای هر بازه زمانی مورد بررسی، ۳۰ نویسنده دارای بیشترین استناد و هم‌استنادی شناسایی شوند</p>
گام پنجم	<p>استفاده از شاخص دایس برای نرمال‌سازی داده‌های هم‌رخدادی به عنوان سنجه تشابه</p> <p>علت: کارایی این شاخص در پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه نسبت به دیگر شاخص‌ها (اگه، ۲۰۱۰) و نیازهای خاص این پژوهش</p>
گام ششم	<p>استفاده از الگوریتم کامادا و کاوائی (۱۹۸۹) به عنوان یکی از الگوریتم‌های تولید خودکار گراف تحت عنوان اسپرینگ امبدر^{۲۵} برای بازنمایی شبکه روابط هم‌استنادی</p> <p>علت: قابلیت آن در نمایش حجم انبوهی از داده‌ها در فضایی محدود؛ امکان بررسی ساختاری و پویایی شناسانه شبکه از آن طریق؛ امکان تفکیک زیرگروه‌های شبکه از همدیگر؛ نشان دادن فرآیند گذار در میان شبکه‌های همجوار؛ جلوگیری از تقاطع پیوندها</p>
گام هفتم	<p>استفاده از قالب نمایشی ادغام شده شبکه‌ها با وجود انواع و جوه نمایشی برای شبکه‌های استنادی</p> <p>علت: در این نوع قالب نمایشی امکان نمایش داده‌های هر ۴ دوره زمانی و مطابقت آنها با یکدیگر فراهم است و از این طریق می‌توان نحوه ظهور، رشد و افول هر کدام از تخصص‌های موضوعی را بررسی کرد. در این نوع نمایش ارتباطات هم‌استنادی و استنادهای دریافتی در بازه‌های زمانی چهارگانه به تفکیک با رنگ‌های آبی تیره (برای بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴)، آبی روشن (برای بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹)، سبز (برای بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) و زرد (برای بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹) نشان داده شده است.</p>
گام هشتم	<p>انتخاب شبکه‌های مسیریاب^{۲۶} (PFNET) به عنوان الگوریتم هرس شبکه‌ای</p> <p>علت: این نوع الگوریتم از پیش‌بینی‌پذیری، معنابخشی و تفسیرپذیری بالایی برخوردار است و در صورت کاربرد در ساختار شبکه پیوندهای مهم را در وسط شبکه حفظ می‌کند، بر اساس مدل اسپوانولدت (۱۹۹۰)</p>
گام نهم	<p>تفکیک حوزه موضوعی به تخصص‌های زیرمجموعه بر اساس روابط شبکه‌ای با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی طیفی^{۲۷} مورد استفاده و توجه به بهینه بودن خوشه‌بندی با تعیین ضریب آلفا (در راستای به حداکثر رساندن شاخص سیلهوئت به عنوان نماد قطعیت در تفسیر ماهیت یک خوشه)</p> <p>علت: خوشه‌بندی طیفی بدون پیش‌فرض اولیه، بهترین و بهینه‌ترین ساختار و دسته‌بندی را ارائه می‌دهد و موجب ترسیم ساختار یک حوزه موضوعی خواهد شد و نتایج آن بهتر از سایر الگوریتم‌های خوشه‌بندی محسوب می‌شود.</p>
گام دهم	<p>تفکیک تخصص‌ها از همدیگر با ترسیم شکل‌ها و اختصاص عنوان تخصص و میانگین سال انتشار نویسندگان پایه به عنوان میانگین سال انتشار مبانی فکری تخصص‌های شناسایی شده حوزه موضوعی</p> <p>علت: تمایز بهتر تخصص‌های شناسایی شده حوزه موضوعی از همدیگر، آشنایی بیشتر با مختصات زمانی نویسندگان پایه هر حوزه، نشان دادن بهتر روابط میان نویسندگان پایه و تخصص‌های حوزه موضوعی مورد بررسی</p>

ادامه جدول ۲. گام‌های پژوهش

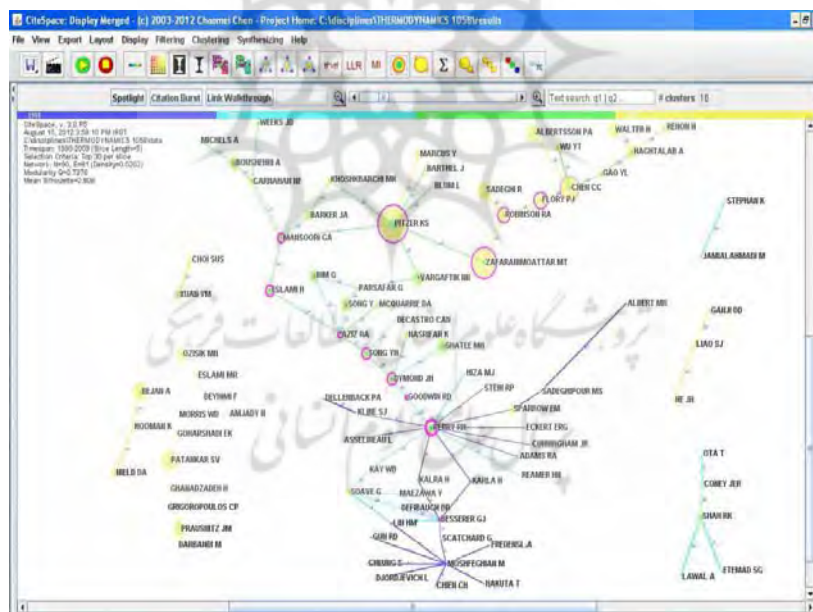
گام یازدهم	<p>استفاده از واژه‌های کلیدی مقالات ایرانی که به آثار میانی فکری هر تخصص استناد داده‌اند به‌عنوان برجسب هر تخصص و تحلیل آنها با استفاده از دو الگوریتم $TF*IDF^{28}$ و $Log-Likelihood Ratio^{29}$</p> <p>علل: توصیف مختصر ماهیت موضوعی هر تخصص و بازنمایی جنبه‌های برجسته هر تخصص (از طریق $TF*IDF$) و جنبه‌های منحصر به فرد آن (از طریق $Log-Likelihood Ratio$)</p>
گام دوازدهم	<p>تحلیل حوزه موضوعی بر اساس شاخص‌های ساختاری (شامل مرکزیت میانی، ماجولاریتی و سیلهوئت)، زمانی (شامل شکوفایی استنادی^{۳۰} و سیگما^{۳۱})، تحلیل شبکه‌های اجتماعی (شامل پیج‌رنک)، تراکم^{۳۲}، و نیمه عمر استنادی نویسندگان پایه هر کدام از آنها</p>
گام سیزدهم	<p>علت: شناسایی نقاط عطف و نویسندگان محوری از طریق مرکزیت میانی، بررسی پویایی شناسی^{۳۳} شبکه‌ای از طریق ماجولاریتی، بررسی میزان قطعیت در تفسیر ماهیت ساختار شناسایی شده برای تخصص‌ها و کل حوزه از طریق سیلهوئت، بررسی نوسان‌های استنادی ناپایدار نویسندگان، تخصص‌ها و کل حوزه برای شناسایی تنوع موضوعی، بررسی میزان تازگی آثار نویسندگان، تخصص‌ها و کل حوزه از طریق شاخص سیگما، بررسی میزان شناخته‌شدگی و اجماع موضوعی نویسندگان، تخصص‌ها و کل حوزه از طریق شاخص پیج‌رنک، بررسی میزان فشردگی و تراکم ساختار شبکه‌ها به‌عنوان شاخص بلوغ یک شبکه از طریق شاخص تراکم و بررسی میزان پایداری موضوعی آثار نویسندگان پایه، تخصص‌ها و کل حوزه از طریق شاخص نیمه عمر استنادی</p>
گام چهاردهم	<p>بررسی تطبیقی شاخص‌های ماجولاریتی حوزه موضوعی در چهار دوره زمانی علت: بررسی روند پویایی شناسی شبکه‌ای حوزه و نوع فعالیت در آن (گسترش، بهبود و یکپارچگی ساختار هر حوزه موضوعی) در هر کدام از دوره‌های زمانی</p>
گام پانزدهم	<p>دسته‌بندی نویسندگان حوزه موضوعی با استفاده از الگوریتم «خوشه‌بندی مبتنی بر بیشینه‌سازی انتظار»^{۳۴} بر اساس شاخص‌هایی چون میزان استناد دریافتی، میانگین سال انتشار آثار، مرکزیت میانی و نیمه عمر استنادی علت: بر این مبنا می‌توان نویسندگان پیشکسوت را از جوان؛ خلاق، نوآور و جهت دهنده را از غیر آن؛ و بیشتر تأثیرگذار را از کمتر تأثیرگذار و نویسندگانی که آثار آنها از بیشترین میزان پایداری موضوعی برخوردار است را از غیر آن متمایز کرد.</p>

یافته‌های پژوهش

بررسی حوزه موضوعی ترمودینامیک بر مبنای شبکه هم‌استنادی نویسنده

بررسی‌ها نشانگر آن است که در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ در این حوزه موضوعی ۱۰۴۴ مقاله منتشر شده است که ۲/۱۱ درصد آنها در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴، ۶/۳۲ درصد در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹، ۱۹/۴۴ درصد در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴، و ۷۲/۱۳ درصد در بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ انتشار یافته‌اند، مجموع ارجاع‌های مقالات منتشر شده نیز ۲۳۹۱۴ ارجاع و میانگین ارجاعات هر مقاله

نیز ۲۲/۹۱ است. در راستای ترسیم شبکه هم‌استنادی نویسنده و نمایانی ساختار فکری این حوزه موضوعی، چهار شبکه علمی حاصل از ۳۰ نویسنده پر استناد در چهار دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴، ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹، ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ به ترتیب با دارا بودن ۱۰۸، ۷۶، ۱۰۱ و ۴۳ پیوند، ادغام و در نهایت شبکه‌ای متشکل از ۹۰ نویسنده و ۹۷ رابطه میان آنها ایجاد شد. در این بخش برای شناسایی بهتر ساختار فکری این حوزه موضوعی، ابتدا نویسندگان پایه با استفاده از فن خوشه‌بندی مبتنی بر بیشینه‌سازی انتظار و براساس شاخص‌هایی چون میزان استناد دریافتی، میانگین سال انتشار آثار، مرکزیت میانی و نیمه عمر استنادی به گروه‌های مختلف دسته‌بندی می‌شوند. بر این مبنا می‌توان نویسندگان پیشکسوت را از جوان؛ خلاق، نوآور و جهت‌دهنده را از غیر آن و بیشتر تأثیرگذار را از کمتر تأثیرگذار متمایز کرد. سپس کل حوزه موضوعی براساس نویسندگان پایه مورد استناد و شبکه هم‌استنادی آنها به تخصص‌های مستقل، تقسیم و براساس شاخص‌های ساختاری (شامل مرکزیت میانی، ماجولاریتی، و سیلهوئت)، زمانی (شامل شکوفایی استنادی و سیگما)، تحلیل شبکه‌های اجتماعی (شامل پیچ‌رنک) و نیمه عمر استنادی، تحلیل و توضیحاتی بر مبنای آن ارائه می‌شود. در نهایت روند پویایی شناسانه این حوزه موضوعی تبیین می‌شود.



شکل ۱. شبکه هم‌استنادی نویسنده حوزه موضوعی ترمودینامیک (دوایر حول هر نویسنده، نشانگر میزان استندهای دریافتی وی در هر کدام از چهار بازه زمانی هستند)

دسته‌بندی نویسندگان پایه حوزه موضوعی ترمودینامیک

چنانکه ذکر شد برای تقسیم‌بندی بهتر این نویسندگان پایه، آنها را با استفاده از فن خوشه‌بندی مبتنی بر بیشینه‌سازی انتظار و براساس چهار شاخص میزان استناد دریافتی، میانگین سال انتشار، مرکزیت میانی و نیمه عمر استنادی دسته‌بندی می‌کنیم.

جدول ۳. خوشه‌بندی مبتنی بر انتظار حوزه موضوعی ترمودینامیک با -13.54 Log likelihood

خوشه	احتمال پیشینی	درصد نویسندگان رشته	میزان استناد دریافتی		میانگین سال انتشار		مرکزیت میانی		نیمه عمر استنادی
			انحراف میانگین معیار	انحراف معیار	انحراف میانگین معیار	انحراف میانگین معیار	انحراف میانگین معیار	انحراف میانگین معیار	
خوشه اول	۰/۲۶	۲۷ درصد (۲۴ مورد)	۷/۲۴	۴/۹۴	۱۹۸۹/۹۱	۳/۸۳	۰/۰۲۲	۰/۰۵	۶/۵۳
خوشه دوم	۰/۰۹	۹ درصد (۸ مورد)	۱۱/۲۶	۱۰/۴۱	۱۹۸۱/۱۳	۱۰/۶۱	۰/۵	۰/۰۷	۱۶/۱۲
خوشه سوم	۰/۱۴	۱۴ درصد (۱۳ مورد)	۲۰/۷۷	۱۲/۵۶	۱۹۷۴/۳۸	۶/۶۶	۰/۰۰۷	۰/۰۱	۲۸/۶۵
خوشه چهارم	۰/۱	۱۰ درصد (۹ مورد)	۱۲/۳۷	۱۲/۰۶	۱۹۴۸/۸۲	۱۰/۹۸	۰/۰۸	۰/۰۸۸	۵۰/۲۲
خوشه پنجم	۰/۱۶	۱۶ درصد (۱۴ مورد)	۳۳/۷۵	۸/۳۶	۲۰۰۰/۰۷	۵/۲۳	۰/۰۲۵	۰/۰۷	۶/۴۸
خوشه ششم	۰/۲۱	۲۱ درصد (۱۹ مورد)	۴/۸۷	۳/۳۴	۱۹۷۶/۴۲	۴/۰۱	۰/۰۳۷	۰/۰۶	۱۸/۳۷
خوشه هفتم	۰/۰۳	۳ درصد (۳ مورد)	۸۸/۳	۹/۸۹	۲۰۰۷	۱/۶۳	۰	۰/۱۵	۱

چنانکه از داده‌های مندرج در جدول‌های مزبور برمی‌آید، نویسندگان پایه این حوزه علمی را می‌توان بر مبنای خوشه‌بندی مبتنی بر بیشینه‌سازی انتظار و در نظر داشتن چهار شاخص استنادهای دریافتی، میانگین سال انتشار آثار نویسندگان، مرکزیت میانی و نیمه عمر استنادی در ۷ خوشه اصلی دسته‌بندی کرد.

چنانکه داده‌های نویسندگان پایه خوشه اول نشان می‌دهند، نویسندگان پایه عضو این خوشه که ۲۷ درصد کل نویسندگان این حوزه موضوعی را به خود اختصاص می‌دهند و آثار خود را در حدود سال ۱۹۹۰ نوشته‌اند، به‌طور میانگین ۷/۲۴ استناد دریافت کرده‌اند، میانگین شاخص مرکزیت میانی آنها ۰/۰۲۲ و میانگین نیمه عمر استنادی آنها نیز ۶/۵۳ سال است. بنابراین می‌توان اعضای این خوشه را نویسندگان به‌نسبت تأثیرگذار محوری نامید.

داده‌های مربوط به نویسندگان پایه خوشه دوم نیز نشان می‌دهند که نویسندگان پایه عضو این خوشه که ۹ درصد کل نویسندگان و حوزه موضوعی را به خود اختصاص می‌دهند، آثار خود را در حدود سال ۱۹۸۱ نوشته‌اند و به‌طور میانگین ۱۱/۲۶ استناد دریافت کرده‌اند، میانگین شاخص مرکزیت میانی آنها ۰/۵ و میانگین نیمه عمر استنادی آنها ۱۶/۱۲ سال است. بنابراین می‌توان اعضای این خوشه را نویسندگان تأثیرگذار با محوریت عمده نامید.

داده‌های مربوط به نویسندگان پایه خوشه سوم نیز نشان می‌دهند که نویسندگان پایه عضو این خوشه که ۱۴ درصد کل نویسندگان این حوزه موضوعی را به خود اختصاص می‌دهند، آثار خود را در حدود سال ۱۹۷۴ نوشته‌اند و به‌طور میانگین ۲۰/۷۷ استناد دریافت کرده‌اند، میانگین شاخص مرکزیت میانی آنها ۰/۰۷ و میانگین نیمه عمر استنادی آنها ۲۸/۶۵ سال است. بنابراین می‌توان اعضای این خوشه را نویسندگان به‌نسبت پیشکسوت تأثیرگذار با محوریت نسبی نامید.

داده‌های مربوط به نویسندگان پایه خوشه چهارم نیز نشان می‌دهند که نویسندگان پایه عضو این خوشه که ۱۰ درصد کل نویسندگان این حوزه موضوعی را به خود اختصاص می‌دهند، آثار خود را در حدود سال ۱۹۴۹ تألیف کرده‌اند و به‌طور میانگین ۱۲/۳۷ استناد دریافت کرده‌اند، میانگین شاخص مرکزیت میانی آنها ۰/۰۸ و میانگین نیمه عمر استنادی آنها ۵۰/۲۲ سال است. بنابراین می‌توان اعضای این خوشه را نویسندگان پیشکسوت تأثیرگذار محوری نامید.

داده‌های مربوط به نویسندگان پایه خوشه پنجم نیز نشان می‌دهند که نویسندگان پایه عضو این خوشه که ۱۶ درصد کل نویسندگان این حوزه موضوعی را به خود اختصاص می‌دهند، آثار خود را در حدود سال ۲۰۰۰ نگاشته‌اند و به‌طور میانگین ۳۳/۷۵ استناد دریافت کرده‌اند، میانگین شاخص مرکزیت میانی آنها ۰/۰۲۵ و میانگین نیمه عمر استنادی آنها ۶/۴۸ سال است. بنابراین می‌توان اعضای این خوشه را نویسندگان به‌نسبت جوان تأثیرگذار محوری نامید.

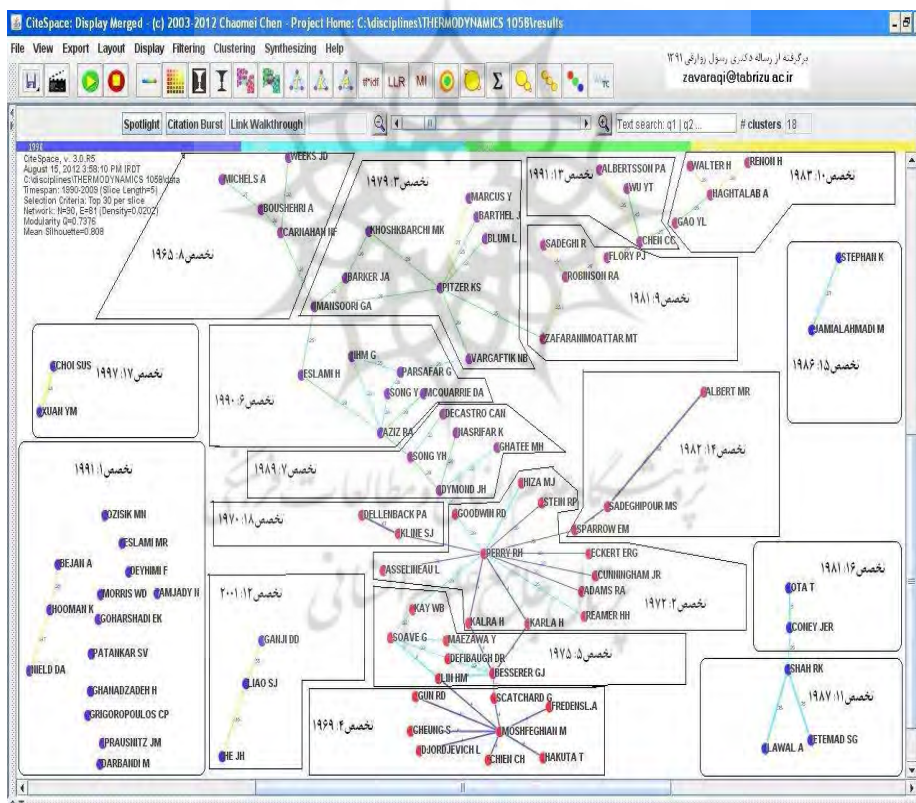
داده‌های مربوط به نویسندگان پایه خوشه ششم نیز نشان می‌دهند که نویسندگان پایه عضو این خوشه که ۲۱ درصد کل نویسندگان این حوزه موضوعی را به خود اختصاص می‌دهند، آثار خود را در حدود سال ۱۹۷۶ نگاشته‌اند و به‌طور میانگین ۴/۸۷ استناد دریافت کرده‌اند، میانگین شاخص مرکزیت میانی آنها ۰/۰۳۷ و میانگین نیمه عمر استنادی آنها ۱۸/۳۷ سال است. بنابراین می‌توان اعضای این خوشه را نویسندگان به‌نسبت تأثیرگذار پیشکسوت کمتر تأثیرگذار محوری نامید.

داده‌های مربوط به نویسندگان پایه خوشه هفتم نیز نشان می‌دهند که نویسندگان پایه عضو این خوشه که ۳ درصد کل نویسندگان این حوزه موضوعی را به خود اختصاص می‌دهند، آثار خود را در حدود سال ۲۰۰۷ نگاشته‌اند و به‌طور میانگین ۸۸/۳ استناد دریافت کرده‌اند، میانگین شاخص

نگاشت ساختار فکری حوزه موضوعی ترمودینامیک بر اساس بروندادهای علمی ایرانیان ...

مرکزیت میانی آنها ۰ و میانگین نیمه عمر استنادی آنها ۱ سال است. بنابراین می توان اعضای این خوشه را نویسندگان جوان بسیار تأثیر گذار با محوریت حداقل نامید.

تقسیم بندی حوزه موضوعی ترمودینامیک به تخصص های مستقل چنانکه ذکر شد یکی از کارهای دیگر در زمینه ترسیم ساختار فکری این حوزه موضوعی، تقسیم بندی آن به تخصص های مستقل با استفاده از روش خوشه بندی طیفی و بر مبنای روابط هم استنادی موجود بین نویسندگان پایه این تخصص است. بر این اساس می توان حوزه موضوعی ترمودینامیک را به هجده تخصص مستقل تقسیم بندی کرد. با وجود اهمیت تشریح تمام تخصص ها به صورت مستقل بر اساس شاخص های مزبور، امکان گزارش تمام آنها وجود ندارد و این اطلاعات تنها به صورت گرافیکی و کلی ارائه می شوند.



شکل ۲. شبکه هم استنادی نویسنده حوزه موضوعی ترمودینامیک (تفکیک شده بر اساس تخصص های هجده گانه)

- تخصص اول حوزه موضوعی ترمودینامیک

در زمینه تخصص اول شناسایی شده، می‌توان گفت که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۹۱ برمی‌گردد و با واژه‌های کلیدی چون electricity markets، voltage stability، security، stability، market isothermal compressibility و power market سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ ایجاد شده و توسعه یافته است و از نظر شبکه‌ای با هیچ کدام از دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی در ارتباط نیست و به نظر می‌رسد روند رو به رشدی داشته باشد. این تخصص گسستگی شایان توجهی دارد، به نحوی که هیچ ارتباطی بین یازده نویسنده پایه آن برقرار نشده است. نمره سیلپهونت ۰/۲۱ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس کم اعضای آن با یکدیگر است.

- تخصص دوم حوزه موضوعی ترمودینامیک

در مورد تخصص دوم این حوزه نیز می‌توان گفت که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۷۲ برمی‌گردد و با واژه‌های کلیدی چون joule-thomson inversion curve، cubic equation، coefficient و vapor-pressures سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ ایجاد و در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ به نویسندگان پایه آن افزوده شده و از نظر شبکه‌ای با تخصص‌های پنجم (از دوره‌های زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹)، هفتم (از دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹)، چهاردهم (از دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴) و هجدهم (از دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴) در ارتباط است و به نظر می‌رسد روند رشد آن در همان دوره‌های زمانی متوقف شده باشد. نمره سیلپهونت ۰/۶۶ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس به نسبت رو به بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص سوم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص سوم نیز که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۷۹ برمی‌گردد با واژه‌های کلیدی چون electrolyte solutions، ions، mean spherical approximation، hydration و integral-equation سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ ایجاد و در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ به نویسندگان پایه آن افزوده شده و از نظر شبکه‌ای با تخصص‌های ششم (از دوره‌های زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹)، هشتم (از دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) و نهم (از دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) در ارتباط است و به نظر می‌رسد

روند رو به رشد به نسبت خوبی دارد. نمره سیلهوئت ۰/۶۷ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس به نسبت رو به بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص های این حوزه موضوعی است.

- تخصص چهارم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص چهارم که میانگین سال انتشار پایه های فکری آن به حدود سال ۱۹۶۹ برمی گردد با واژه های کلیدی چون *equilibrium-phase properties*، *ethane liquid-vapor equilibria*، *nitrogen group contributions* سرو کار دارد. چنانکه مشاهده می شود این تخصص در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ ایجاد شده و توسعه یافته و از نظر شبکه ای با تخصص پنجم (از دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴) در ارتباط است و به نظر می رسد روند رشد آن در همان دوره زمانی متوقف شده باشد. نمره سیلهوئت ۰/۸۶ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس به نسبت بالای اعضای آن با یکدیگر، در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص های این حوزه موضوعی است.

- تخصص پنجم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص پنجم که میانگین سال انتشار پایه های فکری آن به حدود سال ۱۹۷۵ برمی گردد نیز با واژه های کلیدی چون *pure correlation*، *vapor-pressure*، *psrk equation of state*، *pentafluoroethane*، *excess volumes* و *difluoromethane* سرو کار دارد. چنانکه مشاهده می شود این تخصص در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ ایجاد شده و توسعه یافته و از نظر شبکه ای با تخصص های دوم (از دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴) و چهارم (از دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴) در ارتباط است و به نظر می رسد روند رشد آن در همان دوره زمانی متوقف شده باشد. نمره سیلهوئت ۰/۷۲ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس به نسبت بالای اعضای آن با یکدیگر، در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص های این حوزه موضوعی است.

- تخصص ششم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص ششم نیز که میانگین سال انتشار پایه های فکری آن به حدود سال ۱۹۹۰ برمی گردد با واژه های کلیدی چون *compressed liquids*، *corresponding states*، *surface tension*، *second virial coefficient*، *statistical mechanics* و *surface energy* سرو کار دارد. چنانکه مشاهده می شود این تخصص در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ ایجاد و در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ به نویسندگان پایه آن افزوده شده و از نظر شبکه ای با تخصص های سوم (از دوره زمانی ۲۰۰۰ تا

۲۰۰۴) و هفتم (از دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) در ارتباط است و به نظر می‌رسد همچنان مورد توجه باشد. نمره سیلهوئت ۰/۸۱ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس به نسبت بالای اعضای آن با یکدیگر، در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص هفتم حوزه موضوعی ترمودینامیک

در زمینه تخصص هفتم که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۸۹ برمی‌گردد، نیز، می‌توان افزود که با واژه‌های کلیدی چون *corresponding states*، *compressed liquids*، *second virial coefficient* و *statistical mechanics* سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ ایجاد و در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ به نویسندگان پایه آن افزوده شده و از نظر شبکه‌ای با تخصص‌های دوم (از دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹) و ششم (از دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) در ارتباط است و به نظر می‌رسد همچنان مورد توجه باشد. نمره سیلهوئت ۰/۹ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس به نسبت بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص هشتم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص هشتم نیز که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۶۵ برمی‌گردد با واژه‌های کلیدی چون *second virial coefficient*، *corresponding states*، *compressed liquids* و *statistical mechanics* سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ ایجاد شده و توسعه یافته و از نظر شبکه‌ای با تخصص سوم (از دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) در ارتباط است و به نظر می‌رسد همچنان مورد توجه باشد. نمره سیلهوئت ۰/۹۴ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس به نسبت بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص نهم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص نهم که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۸۱ برمی‌گردد نیز با واژه‌های کلیدی مانند *wilson polymer solutions*، *polyethylene-glycol*، *polyvinylpyrrolidone* و *segment-based* سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ ایجاد شده و توسعه یافته و از نظر شبکه‌ای با تخصص‌های سوم (از دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) و سیزدهم (از دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹) در ارتباط است و به نظر می‌رسد از روند رو به رشد بسیار خوبی

برخوردار باشد. نمره سیلهوئت ۰/۵۵ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس متوسط اعضای آن با یکدیگر و در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص دهم حوزه موضوعی ترمودینامیک

بر مبنای دیگر یافته‌های پژوهش نیز می‌توان گفت تخصص دهم که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۸۳ برمی‌گردد و با واژه‌های کلیدی مثل polyethylene glycol، 2- virial equation liquid-liquid equilibria phase systems و plus water سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ ایجاد و در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ به نویسندگان پایه آن افزوده شده و از نظر شبکه‌ای با تخصص سیزدهم (از دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) در ارتباط است و به نظر می‌رسد از روند رو به رشد بسیار خوبی برخوردار باشد. نمره سیلهوئت ۰/۷ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس به نسبت بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص یازدهم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص یازدهم نیز که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۸۷ برمی‌گردد با واژه‌های کلیدی چون convection heat-transfer turbulence، transition و convection سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ ایجاد شده و توسعه یافته و از نظر شبکه‌ای با تخصص شانزدهم (از دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹) در ارتباط است و به نظر می‌رسد همچنان مورد توجه باشد. نمره سیلهوئت ۰/۹۲ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص دوازدهم حوزه موضوعی ترمودینامیک

همچنین تخصص دوازدهم که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۲۰۰۱ برمی‌گردد با واژه‌های کلیدی چون variational iteration method، homotopy perturbation method و perturbation method سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ ایجاد شده و توسعه یافته است و از نظر شبکه‌ای با هیچ کدام از دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی ارتباط ندارد و به نظر می‌رسد همچنان مورد توجه باشد. نمره سیلهوئت ۱ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال استقلال آن از دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص سیزدهم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص سیزدهم که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۹۱ برمی‌گردد، با واژه‌های کلیدی مانند osmotic virial equation, peptides, dextran, electrolyte-solutions, virial equation و uniquac-nrf سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ ایجاد و در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ به نویسندگان پایه آن افزوده شده و از نظر شبکه‌ای با تخصص‌های نهم (از دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹) و دهم (از دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) در ارتباط است و به نظر می‌رسد از روند رو به رشد خوبی برخوردار باشد. نمره سیلهوئت ۰/۸۹ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس به نسبت بالای اعضای آن با یکدیگر، در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص چهاردهم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص چهاردهم نیز که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۸۲ برمی‌گردد، با واژه‌های کلیدی چون chp, thermodynamic analysis, energy recovery, bulk modulus و plates سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ ایجاد شده و توسعه یافته و از نظر شبکه‌ای با تخصص دوم این حوزه موضوعی (از دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴) در ارتباط است و به نظر می‌رسد هم‌اکنون کمتر مورد توجه باشد. نمره سیلهوئت ۰/۹۳ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص پانزدهم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص پانزدهم نیز که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۸۶ برمی‌گردد با واژه‌های کلیدی مثل sedimentation, correlations, bed voidage, viscosity و density سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ ایجاد شده و توسعه یافته است و از نظر شبکه‌ای با هیچ‌کدام از دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی در ارتباط نیست و به نظر می‌رسد روند رشد آن متوقف شده باشد. نمره سیلهوئت ۱ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال استقلال آن از دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص شانزدهم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص شانزدهم که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۸۱ برمی‌گردد با

واژه‌های کلیدی چون reattached, parallel thick plates, turbulent flow, blunt flat-plate flow و bluff rectangular plate سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ ایجاد شده و توسعه یافته و از نظر شبکه‌ای با تخصص یازدهم (از دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹) در ارتباط است و به نظر می‌رسد روند رشد آن در همان دوره زمانی متوقف شده باشد. نمره سیلهوئت ۰/۸۲ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس به نسبت بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص هفدهم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص هفدهم نیز که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۹۷ برمی‌گردد با واژه‌های کلیدی چون second virial coefficient, corresponding states, compressed liquids, suspension, particles, thermal-conductivity enhancement و transfer enhancement سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ ایجاد شده و توسعه یافته است و از نظر شبکه‌ای با هیچ کدام از دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی ارتباط ندارد و به نظر می‌رسد همچنان مورد توجه باشد. نمره سیلهوئت ۱ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال استقلال آن از دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

- تخصص هجدهم حوزه موضوعی ترمودینامیک

تخصص هجدهم که میانگین سال انتشار پایه‌های فکری آن به حدود سال ۱۹۷۰ برمی‌گردد، با واژه‌های کلیدی مثل flow, combustor, mixtures سروکار دارد. چنانکه مشاهده می‌شود این تخصص در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ ایجاد شده و توسعه یافته و از نظر شبکه‌ای با تخصص دوم (از دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴) در ارتباط است و به نظر می‌رسد روند رشد آن در همان دوره زمانی متوقف شده باشد. نمره سیلهوئت ۰/۹۵ این تخصص نیز به خوبی نشانگر پیوستگی و تجانس بالای اعضای آن با یکدیگر و در عین حال ارتباط آن با دیگر تخصص‌های این حوزه موضوعی است.

جمع‌بندی نهایی حوزه موضوعی ترمودینامیک

در این بخش اطلاعات کلی مربوط به هر کدام از تخصص‌ها، به صورت تطبیقی ارائه و شاخص‌های کلی این حوزه موضوعی با همدیگر مطابقت داده می‌شوند.

بر اساس اطلاعات و یافته‌های مزبور می‌توان گفت که شبکه علمی این حوزه موضوعی حاصل ادغام ۴ شبکه علمی ایجاد شده از روابط بین ۳۰ نویسنده پراستناد در ۴ دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴، ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹، ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ با دارا بودن ۱۰۸، ۷۶، ۱۰۱ و ۴۳ پیوند، در نهایت موجب ایجاد شبکه‌ای متشکل از ۹۰ نویسنده و ۹۷ رابطه میان آنها شده است. این حوزه موضوعی پس از خوشه‌بندی به ۱۸ تخصص مختلف تقسیم‌بندی شد که شرح تفصیلی آن در بخش‌های مزبور آمد. بررسی تطبیقی ۱۸ تخصص این حوزه موضوعی بیانگر آن است که تخصص اول با ۱۴ نویسنده پایه دارای بیشترین عضو است. حال آنکه تخصص‌های پانزدهم، شانزدهم، هفدهم و هجدهم تنها با دارا بودن ۲ نویسنده پایه، کم‌عضوترین تخصص این حوزه موضوعی محسوب می‌شوند. بررسی‌های بیشتر نشان می‌دهند که ۱۴ تخصص (۷۷/۷۸ درصد تخصص‌ها) این حوزه موضوعی با یکدیگر در ارتباطند که تخصص دوم مرتبط‌ترین آنها محسوب می‌شود. بیشتر این ارتباط‌ها در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ ایجاد شده‌اند، حال آنکه تنها ۲ ارتباط در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ برقرار شده‌اند.

از نظر میانگین تاریخ انتشار آثار نویسندگان پایه نیز، می‌توان گفت که تخصص هشتم با میانگین سال انتشار ۱۹۶۵ قدیمی‌ترین و تخصص دوازدهم با میانگین سال انتشار ۲۰۰۱، جدیدترین تخصص‌های این حوزه موضوعی محسوب می‌شوند. در کل، قدمت پایه‌های فکری این حوزه به‌طور میانگین سال ۱۹۸۴ است.

از نظر میزان توجه به هر کدام از این تخصص‌ها نیز، می‌توان گفت که تخصص نهم با دریافت ۴۹ استناد مورد توجه‌ترین و تخصص چهارم با دریافت ۳۸/۴ استناد کم‌توجه‌ترین تخصص‌های این حوزه موضوعی محسوب می‌شوند. بررسی کلی این حوزه موضوعی از این نظر، نشانگر آن است که میانگین استنادهای دریافتی این حوزه ۱۹/۸۲ استناد است.

بررسی این حوزه موضوعی از منظر شکوفایی استنادی نیز، نشانگر آن است که ۱۰۰ درصد نویسندگان پایه تخصص هفدهم از نظر استنادی در وضعیت شکوفایی قرار دارند و از نظر نمره شکوفایی استنادی (که نشانگر شدت افزایش استنادهای دریافتی است) نیز تخصص هشتم با نمره میانگین ۶/۰۳ در بهترین جایگاه قرار دارد. از این رو می‌توان گفت که تخصص هفدهم تنوع موضوعی بسیاری در میان سایر تخصص‌های این حوزه موضوعی دارد. حال آنکه شدت تغییر توجه به موضوعات خاص در تخصص هشتم به بالاترین میزان خود رسیده است. در مقابل تخصص‌های چهارم، یازدهم، چهاردهم، پانزدهم، شانزدهم، هفدهم و هجدهم، نویسنده‌ای را در بر نمی‌گیرند که در وضعیت شکوفایی استنادی باشند.

در کل آثار ۲۸/۸۹ درصد نویسندگان این حوزه از نظر استنادی شکوفا شده‌اند که این به معنای تنوع موضوعی آن است. همچنین میزان شدت افزایش استندهای دریافتی این نوع نویسندگان (که نشانگر شدت تنوع موضوعی این حوزه موضوعی محسوب می‌شود) نیز رقم ۴/۹۱ است که عدد متوسطی به نظر می‌رسد.

بررسی تطبیقی این تخصص‌ها از منظر شاخص مرکزیت نیز نشانگر آن است که تخصص هفتم با نمره میانگین ۰/۲۱۲ محوری‌ترین و اصلی‌ترین تخصص واسط این حوزه موضوعی از نظر شبکه‌ای است، حال آنکه تخصص‌های اول، یازدهم، دوازدهم، پانزدهم، شانزدهم و هفدهم هیچ نمره‌ای در این زمینه کسب نکرده‌اند. این حوزه در کل از نظر شاخص مرکزیت (که نشانگر مفاهیمی مانند میان‌رشته بودن و ارتباط پارادایم‌های مختلف فکری از طریق نویسنده یا نویسندگان محوری و واسط از نظر شبکه‌ای است) نمره میانگین ۰/۰۷۱ دریافت می‌کند که رقم بسیار خوبی در میان حوزه‌های موضوعی ایرانی است. همچنین بررسی‌های تفصیلی نشان می‌دهد که ۲۵ درصد نویسندگان پایه محوری این حوزه موضوعی، ایرانی هستند.

همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهند که تخصص‌های هفتم، ششم، سیزدهم، پنجم، هشتم و سوم به ترتیب با نمرات میانگین سیگمای ۲/۹۸، ۱/۹۶، ۱/۲۹، ۱/۲۱، ۱/۰۸ و ۱/۰۳ از بیشترین تازگی در قیاس با سایر تخصص‌ها برخوردارند، حال آنکه میزان تازگی سایر تخصص‌ها براساس شاخص سیگمای آنها در سطح یکسانی ارزیابی می‌شود. در کل این حوزه از نظر شاخص سیگما (که نشانگر تازگی موضوعی آثار است) نمره میانگین ۱/۲۱ می‌گیرد که رقم مناسبی ارزیابی می‌شود. همچنین شایان ذکر است که ۲۰ درصد از نویسندگان این حوزه موضوعی (که آثار آنها از بیشترین تازگی برخوردارند) از جمله نویسندگان ایرانی هستند.

از نظر شاخص پیچ‌رنک نیز می‌توان گفت که تخصص پنجم با نمره میانگین ۱/۱۳ از بیشترین میزان ارتباط هم‌استنادی بین نویسندگان پایه برخوردار است، بنابراین شناخته‌شده‌ترین تخصص این حوزه موضوعی محسوب می‌شود. حال آنکه تخصص اول با نمره میانگین ۰/۳۳ کمترین میزان ارتباط هم‌استنادی بین نویسندگان پایه را دارد و بنابراین کم‌شناخته‌شده‌ترین تخصص این حوزه موضوعی محسوب می‌شود. این حوزه در کل از نظر شاخص پیچ‌رنک (که نشانگر ارتباط هم‌استنادی بین نویسندگان پایه و بنابراین میزان شناخته‌شدگی است) نمره میانگین ۰/۹ را به خود اختصاص داده که رقم مناسبی برای حوزه‌های موضوعی در سطح ایران است. همچنین باید ذکر کرد که ۳۱/۸۲ درصد نویسندگان بیشتر شناخته‌شده این حوزه موضوعی از جمله نویسندگان پایه ایرانی هستند.

از نظر شاخص نیمه عمر استنادی نیز می‌توان گفت که تخصص هشتم (که قدیمی‌ترین تخصص این حوزه موضوعی نیز محسوب می‌شود) با ۳۴/۲۵ سال نیمه عمر استنادی، از بیشترین پایداری موضوعی برخوردار است. حال آنکه تخصص دوازدهم (که جوان‌ترین تخصص این حوزه موضوعی نیز محسوب می‌شود) با ۷ سال نیمه عمر استنادی، کمترین پایداری موضوعی در قیاس با سایر تخصص‌ها را دارد. این حوزه در کل از نظر شاخص نیمه عمر استنادی (که نشانگر میزان پایداری موضوعی آثار نویسندگان یک حوزه موضوعی است) نمره ۱۷/۰۱ دریافت کرد. بررسی این حوزه موضوعی از نظر شاخص سیلهوئت (که نمایانگر میزان تشابه اعضای یک تخصص با همدیگر و از این رو عدم قطعیتی است که باید در تفسیر ماهیت یک خوشه در نظر داشت) نیز نشان می‌دهد که نمره میانگین ۰/۸۱ را به خود اختصاص داده است. هر چه این شاخص افزایش یابد، می‌توان با قاطعیت بیشتری درباره تجانس اعضای یک تخصص یا مجموعه تخصص‌های یک حوزه موضوعی با یکدیگر اظهار نظر کرد. همچنین بررسی این حوزه موضوعی از نظر شاخص مارجولاریتی (که نشانگر ساختاریافتگی شبکه علمی یک حوزه موضوعی است) نیز نمره ۰/۷۴ را به خود اختصاص داده است. باید ذکر کرد که هرچه این شاخص کاهش یابد، نشانگر پویایی شبکه‌ای فزاینده و روند پژوهش‌های چندرشته‌ای و میان‌رشته‌ای موجود در آن حوزه موضوعی است. بررسی این حوزه موضوعی از نظر شاخص تراکم (که نشانگر میزان پیوستگی نویسندگان آن است) نیز نشان می‌دهد که نمره میانگین ۰/۰۲ را به خود اختصاص داده است. در کل در این حوزه موضوعی، از نظر شاخص میزان مقالات منتشر شده در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹، ۱۰۴۴ مقاله منتشر شده است که ۲/۱۱ درصد آنها در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴، ۶/۳۲ درصد آنها در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹، ۱۹/۴۴ درصد در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ و ۷۲/۱۳ درصد در بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ انتشار یافته‌اند. همچنین تعداد ارجاع‌های این حوزه در این بازه زمانی ۲۳۹۱۴ ارجاع است. از این رو میزان ارجاع‌های هر مقاله نیز به‌طور میانگین ۲۲/۹۱ ارجاع در هر مقاله محاسبه می‌شود.

رتبه‌بندی نویسندگان پایه حوزه موضوعی ترمودینامیک از نظر شاخص مرکزیت میانی در جدول ۴ نویسندگان برتر این حوزه موضوعی براساس شاخص مرکزیت (که نشانگر نقش‌های واسطه‌گرانه و میانجی‌گرایانه شخص در شبکه این حوزه موضوعی است) رتبه‌بندی شده‌اند.

جدول ۴. فهرست نویسندگان برتر پایه فکری حوزه موضوعی ترمودینامیک از نظر شاخص مرکزیت

شاخص مرکزیت	نویسنده	ردیف
۰/۶۳	PERRY RH	۱
۰/۵۴	DYMOND JH	۲
۰/۵۲	AZIZ RA	۳
۰/۵۲	SONG YH	۴
۰/۵	GOODWIN RD	۵
۰/۴۶	MANSOORI GA	۶
۰/۴۲	ESLAMI H	۷
۰/۳۹	PITZER KS	۸
۰/۲۷	ZAFARANIMOATTAR MT	۹
۰/۲۵	ROBINSON RA	۱۰
۰/۲۳	BESSERER GJ	۱۱
۰/۲	FLORY PJ	۱۲
۰/۱۸	MOSHFEGHIAN M	۱۳
۰/۱۸	CHEN CC	۱۴
۰/۱۲	KARLA H	۱۵
۰/۱۲	KALRA H	۱۶
۰/۱۲	LIN HM	۱۷
۰/۰۹	CARNAHAN NF	۱۸
۰/۰۹	GAO YL	۱۹
۰/۰۸	SCATCHARD G	۲۰
۰/۰۸	KAY WB	۲۱
۰/۰۷	SOAVE G	۲۲
۰/۰۶	HAGHTALAB A	۲۳
۰/۰۶	SPARROW EM	۲۴
۰/۰۴	PARSAFAR G	۲۵
۰/۰۳	VARGAFTIK NB	۲۶
۰/۰۳	BOUSHEHRI A	۲۷
۰/۰۳	SADEGHIPOUR MS	۲۸
۰/۰۳	KLINE SJ	۲۹
۰/۰۲	IHM G	۳۰
۰/۰۲	SONG Y	۳۱
۰/۰۱	BARKER JA	۳۲

بر اساس داده‌های مندرج در جدول مزبور، می‌توان گفت که ۸ نفر (۲۵ درصد) از نویسندگان واسط این حوزه موضوعی از نظر شبکه‌ای، در زمره نویسندگان پایه ایرانی هستند.

رتبه‌بندی نویسندگان پایه حوزه موضوعی ترمودینامیک از نظر شاخص سیگما
در جدول ۵ نیز نویسندگان برتر این حوزه موضوعی بر اساس شاخص سیگما (که نشانگر تازگی موضوعی آثار نویسندگان پایه است) رتبه‌بندی شده‌اند.

بر اساس داده‌های مندرج در جدول مزبور نیز می‌توان گفت که ۲ مورد (۲۰ درصد) از نویسندگان این حوزه موضوعی (که آثار آنها از بیشترین میزان تازگی برخوردار است) از جمله نویسندگان پایه ایرانی هستند.

جدول ۵. فهرست نویسندگان برتر پایه فکری حوزه موضوعی ترمودینامیک از نظر شاخص سیگما

شاخص	نویسنده	ردیف
۷/۴۷	SONG YH	۱
۴/۴۶	AZIZ RA	۲
۴/۴۴	DYMOND JH	۳
۳/۰۲	ESLAMI H	۴
۲/۴۹	BESSERER GJ	۵
۱/۸۸	CHEN CC	۶
۱/۳۱	BOUSHEHRI A	۷
۱/۲۳	VARGAFTIK NB	۸
۱/۱۵	IHM G	۹
۱/۱	SONG Y	۱۰

رتبه‌بندی نویسندگان پایه حوزه موضوعی ترمودینامیک از نظر شاخص پیچ‌رنک در جدول ۶ نیز نویسندگان برتر این حوزه موضوعی براساس شاخص پیچ‌رنک (که فراوانی ارتباط هم‌استادی بین نویسندگان را به‌عنوان شاخصی برای شناخته‌شدگی در این حوزه موضوعی نشان می‌دهد) رتبه‌بندی شده‌اند.

جدول ۶. فهرست نویسندگان برتر پایه فکری حوزه موضوعی ترمودینامیک از نظر شاخص پیچ‌رنک

شاخص پیچ‌رنک	نویسنده	ردیف
۵/۳۶	PERRY RH	۱
۳/۴۷	MOSHFEGHIAN M	۲
۲/۸۸	PITZER KS	۳
۲/۱۶	BESSERER GJ	۴
۲/۰۱	AZIZ RA	۵
۱/۹۶	CHEN CC	۶
۱/۸۱	DYMOND JH	۷
۱/۷۹	SHAH RK	۸
۱/۶۲	MANSOORI GA	۹
۱/۶۲	HAGHTALAB A	۱۰
۱/۴۷	SOAVE G	۱۱
۱/۴۶	HOOMAN K	۱۲
۱/۴۶	LIAO SJ	۱۳
۱/۴۱	ROBINSON RA	۱۴
۱/۴۱	CARNAHAN NF	۱۵
۱/۳۲	SONG YH	۱۶
۱/۲۳	CONEY JER	۱۷
۱/۲۲	PARSAFAR G	۱۸
۱/۱۴	LIN HM	۱۹
۱/۰۷	SADEGHIPOUR MS	۲۰
۱/۰۶	BOUSHEHRI A	۲۱
۱/۰۳	GAO YL	۲۲

نگاشت ساختار فکری حوزه موضوعی ترمودینامیک بر اساس بروندهای علمی ایرانیان ...

داده‌های مبتنی بر جدول مزبور نیز نشانگر آن است که ۷ نفر (۳۱/۸۲ درصد) از نویسندگان این حوزه موضوعی با بیشترین شناخته‌شدگی، در زمره نویسندگان پایه ایرانی هستند.

رتبه‌بندی نویسندگان پایه حوزه موضوعی ترمودینامیک از نظر شاخص شکوفایی استنادی در جدول ۷ نیز نویسندگان برتر این حوزه موضوعی براساس شاخص طول دوره شکوفایی (که نشانگر مدت زمانی است که آثار نویسنده خاصی با توجه جدی نویسندگان ایرانی این حوزه موضوعی همراه بوده است) رتبه‌بندی شده‌اند.

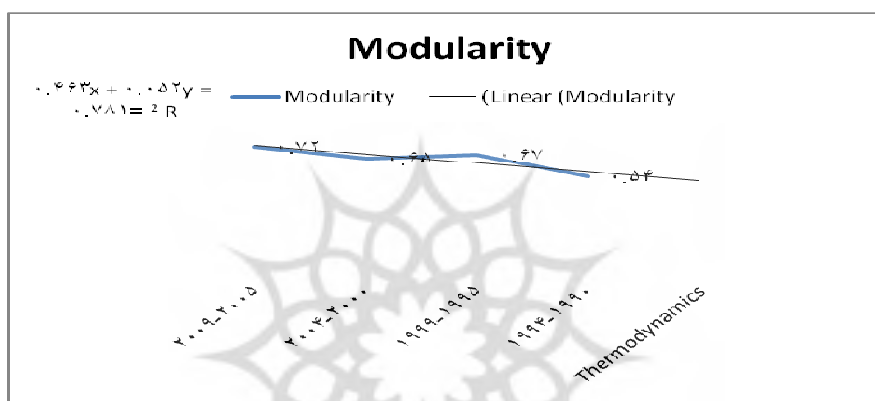
جدول ۷. فهرست نویسندگان برتر پایه فکری حوزه موضوعی ترمودینامیک از نظر شاخص شکوفایی استنادی (مرتب‌شده براساس طول دوره شکوفایی)

ردیف	نویسنده	شکوفایی استنادی	میانگین تاریخ انتشار	تاریخ شروع شکوفایی	تاریخ خاتمه شکوفایی	طول دوره شکوفایی (سال)	نیمه عمر استنادی (سال)	تعداد سال‌های انتظار برای رسیدن به شکوفایی استنادی (سال)
۱	AZIZ RA	۳/۵۶	۱۹۹۰	۱۹۹۰	۲۰۰۱	۱۲	۷	۰
۲	BESSERER GJ	۴/۳۹	۱۹۷۳	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۱۱	۲۰	۱۷
۳	VARGAFTIK NB	۷/۵۳	۱۹۷۵	۱۹۹۵	۲۰۰۳	۹	۲۳	۲۰
۴	DYMOND JH	۳/۴۶	۱۹۶۹	۱۹۹۳	۲۰۰۰	۸	۲۴	۲۴
۵	IHM G	۷/۲۷	۱۹۹۱	۱۹۹۵	۲۰۰۲	۸	۲	۴
۶	BOUSHEHRI A	۸/۶۹	۱۹۸۶	۱۹۹۵	۲۰۰۲	۸	۴	۹
۷	HIZA MJ	۳/۴۲	۱۹۷۷	۱۹۹۵	۲۰۰۱	۷	۲۱	۱۸
۸	GHATEE MH	۷/۲۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۲۰۰۲	۷	۳	۱
۹	WEEKS JD	۳/۳۶	۱۹۷۱	۱۹۹۹	۲۰۰۴	۶	۳۱	۲۸
۱۰	SONG Y	۵/۲۰	۱۹۸۹	۱۹۹۵	۲۰۰۰	۶	۴	۶
۱۱	SONG YH	۴/۸۰	۱۹۹۲	۱۹۹۶	۲۰۰۱	۶	۶	۴
۱۲	ESLAMI H	۳/۱۴	۱۹۹۸	۲۰۰۰	۲۰۰۴	۵	۵	۲
۱۳	SADEGHI R	۵/۳۷	۲۰۰۹	۲۰۰۵	۲۰۰۹	۵	-۲	-۴
۱۴	NASRIFAR K	۳/۷۰	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۳	۴	۳	۱
۱۵	MCQUARRIE DA	۳/۸۶	۱۹۷۶	۲۰۰۱	۲۰۰۴	۴	۲۷	۲۵
۱۶	XUAN YM	۴/۹۰	۲۰۰۰	۲۰۰۷	۲۰۰۹	۳	۸	۷
۱۷	GANJI DD	۴/۱۹	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۹	۳	۲	۱
۱۸	HE JH	۳/۴۹	۲۰۰۵	۲۰۰۷	۲۰۰۹	۳	۳	۲
۱۹	BEJAN A	۸/۶۱	۱۹۸۸	۲۰۰۷	۲۰۰۹	۳	۱۶	۱۹
۲۰	HOOMAN K	۳/۱۴	۲۰۰۷	۲۰۰۷	۲۰۰۹	۳	۲	۰
۲۱	PATANKAR SV	۷/۱۶	۱۹۷۲	۲۰۰۷	۲۰۰۹	۳	۳۶	۳۵
۲۲	CHOI SUS	۵/۲۶	۱۹۹۵	۲۰۰۷	۲۰۰۹	۳	۱۳	۱۲
۲۳	OZISIK MN	۳/۹۷	۱۹۸۰	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲	۲۸	۲۷
۲۴	RENON H	۴/۱۵	۱۹۶۸	۲۰۰۵	۲۰۰۹	۲	۳۸	۳۷
۲۵	AMJADY N	۴/۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲	۳	۲
۲۶	CHEN CC	۳/۸۴	۱۹۹۳	۲۰۰۵	۲۰۰۵	۱	۱۰	۱۲

داده‌های مبتنی بر جدول مزبور نیز نشانگر آن است که ۸ مورد (۳۰.۷۷ درصد) از نویسندگان این حوزه موضوعی که آثار آنها از نظر استنادی شکوفا شده و در دوره زمانی معینی بیشتر مورد توجه نویسندگان این حوزه موضوعی واقع شده‌اند، از جمله نویسندگان پایه ایرانی هستند.

بررسی پویایی‌شناسانه حوزه موضوعی ترمودینامیک

در این بخش با استفاده از شاخص ماجولاریتی میزان پویایی شبکه‌ای این حوزه موضوعی را در طول چهار بازه زمانی پنج‌ساله بررسی می‌کنیم.



شکل ۳. بررسی پویایی‌شناسانه حوزه موضوعی ترمودینامیک

بررسی روابط شبکه‌ای موجود بین ۳۰ نویسنده برتر این حوزه موضوعی از نظر استنادی، از منظر پویایی‌شناسی شبکه‌ای در چهار دوره زمانی، نشانگر آن است که روند ماجولاریتی این حوزه موضوعی رو به افزایش است. بنابراین می‌توان گفت پویایی شبکه‌ای این حوزه موضوعی به تدریج کاهش می‌یابد و تمایل پژوهشگران فعال در هر کدام از تخصص‌های این حوزه موضوعی، به تدریج به کارهای مستقل درون تخصص خود گرایش دارد تا فعالیت‌های بین‌رشته‌ای و چندرشته‌ای با دیگر تخصص‌های حوزه موضوعی.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی شد ساختار فکری حوزه موضوعی ترمودینامیک به‌عنوان یکی از حوزه‌های موضوعی توانمندی نظام علمی کشور در سه سطح نویسنده، تخصص و حوزه، از نظر شاخص‌های متنوع زمانی، شبکه‌ای، ساختاری و استنادی تحلیل شوند. بر این مبنا تلاش کردیم با نقشه‌های

تهیه شده برای این حوزه موضوعی و تحلیل‌های انجام شده برای نویسندگان پایه تأثیرگذار از نظر شاخص‌های مختلف، معرفی تخصص‌های مختلف و بررسی سیر تاریخی روند تحول آنها و مقایسه آنها با یکدیگر، شناخت جامع و کاملی از آن فراهم شود. چنانکه در مراحل مختلف پژوهش مشاهده شد، اصلی‌ترین گام برای تشکیل یک حوزه موضوعی، برقراری و گسترش مجموعه‌ای از ارتباطات شبکه‌ای است که براساس اجماع علمی بر روی بعضی مراجع و آثار فکری پایه صورت می‌گیرد. در این پژوهش مشاهده شد که با افزایش این اجماع، شاخصی با عنوان پیچ‌رنک افزایش و تعداد نویسندگان پایه ایزوله از نظر شبکه‌ای کاهش یافته است. بنابراین تنها زمانی می‌توان گفت مبانی یک حوزه موضوعی شکل گرفته یا در حال شکل‌گیری است که حداقلی از اجماع بر روی نویسندگان پایه آن وجود داشته باشد.

در دومین مرحله از سیر تکوینی یک حوزه موضوعی، این اجماع از سطح نویسندگان به سطح تخصص‌ها گسترش می‌یابد. در این وضعیت حوزه به‌حدی از بلوغ می‌رسد که فعالیت‌های بین‌رشته‌ای و چندرشته‌ای موجود در حوزه به‌صورت تخصص‌های مرتبط با همدیگر از طریق بعضی نویسندگان محوری نمایش داده می‌شوند و با افزایش این پویایی شبکه‌ای، شاخصی با عنوان ماجولاریتی کاهش و سیلهوئت افزایش می‌یابد.

بررسی شبکه‌ای حوزه مذکور نشانگر آن بود که هرچه کارهای پژوهشی نویسندگان ایرانی حوزه‌های موضوعی مختلف از حالت خودمحوری به کارهای گروهی مبتنی بر یک اجتماع علمی گرایش پیدا می‌کنند، شبکه علمی آنها فشرده‌تر، مترکم‌تر و پویاتر می‌شود. از این‌رو در چنین وضعیتی، کمتر می‌توان شاهد نویسندگان پایه ایزوله از نظر شبکه‌ای بود. اصلی‌ترین عاملی که موجب این وضعیت می‌شود، افزایش روحیه دانشگاهی است که به تشکیل اساس یک اجتماع علمی منسجم منجر می‌شود و از این طریق میزان اجماع درونی نویسندگان یک حوزه را افزایش می‌دهد.

در نهایت نتایج پژوهش نشان داد با اینکه نمی‌توان رشد کیفی شبکه علمی یک حوزه را بر اساس رشد کمی آن پیش‌بینی کرد، وجود حداقلی از رشد کمی برای ارتقای کیفی آن ضروری ارزیابی می‌شود. از این‌رو امید می‌رود با رشد شتابان تولیدات علمی ایران، به تدریج وضعیت کیفی آن نیز روند بهبودی طی کند.

پیشنهاد‌های پژوهش

بر مبنای نتایج کلی برگرفته از این پژوهش، پیشنهادهایی در قالب پیشنهاد‌های کاربردی و پژوهشی برای استفاده پژوهشگران و سیاست‌گذاران علمی ارائه می‌شوند:

پیشنهاد‌های کاربردی

در این بخش پیشنهاد‌های کاربردی مأخوذ از نتایج پژوهش ارائه می‌شوند:

۱. استفاده از ظرفیت‌های علمی نویسندگان پایه محوری ایرانی شناسایی شده در این حوزه موضوعی برای تقویت اجتماعات علمی در آن حوزه‌ها، در راستای زمینه‌سازی برای رشد شبکه‌ای و کیفی علم کشور؛
۲. برگزاری کارگاه‌ها و پیش‌بینی دروسی در سطح تحصیلات تکمیلی به منظور آشنایی دانشجویان با روند و ساختار پژوهشی حوزه و تبیین نیازها و قابلیت‌های ملی برای انجام دادن کارهای پژوهشی در راستای شبکه علمی کشور؛
۳. بهره‌گیری از شاخص‌های نوین پیشنهادی در این پژوهش، برای رصد مداوم شبکه‌های علمی کشور در دوره‌های زمانی مختلف؛
۴. لحاظ کردن جنبه‌های کیفی در کنار جنبه‌های کمی آثار پژوهشگران ایرانی در ارزشیابی‌های انجام شده با اهداف ارتقا یا پاداش؛
۵. تشکیل گروه‌های فرادانشگاهی متشکل از نویسندگان محوری ایرانی شناسایی شده در این حوزه به منظور تنظیم اهداف کاری کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت آن حوزه؛
۶. استفاده از ظرفیت استادان برجسته شناسایی شده در شبکه علمی کشور در نهاد‌های سیاستگذار علمی؛
۷. استفاده از ظرفیت استادان برجسته شناسایی شده در شبکه علمی کشور در کارگروه اجرایی نقشه جامع علمی کشور؛

پیشنهاد‌های پژوهشی

در این بخش پیشنهاد‌های پژوهشی برای استفاده پژوهشگران آتی در راستای گسترش این کار و پوشش خلأهای احتمالی ارائه می‌شوند:

۱. مطابقت اولویت‌های پژوهشی کشور در این حوزه، با تخصص‌های شناسایی شده در این پژوهش؛
۲. بررسی میزان رواج تخصص‌های شناسایی شده فعال در این پژوهش در سطح بین‌المللی؛
۳. بررسی تطبیقی ساختار فکری این حوزه با کشورهای منطقه و تحلیل شکاف‌های احتمالی؛
۴. بررسی تطبیقی ساختار فکری این حوزه با کشورهای پیشرفته و تحلیل شکاف‌های احتمالی.

پی نوشت

۱. بر اساس اطلاعات مندرج در یادداشت دامنه نمایه استنادی علوم، حوزه موضوعی ترمودینامیک را می توان این گونه معرفی کرد: این حوزه موضوعی منابعی را در بر می گیرد که تمرکز آنها بر حوزه هایی از فیزیک است که تبدیل ماده و انرژی را در فرآیندهای فیزیک و شیمیایی بررسی می کنند (به ویژه فرآیندهایی که انتقال گرما و تغییرات در دما را شامل می شوند). موضوعات مرتبط با این حوزه موضوعی نیز عبارتند از سیستم های خنک کننده و گرماساز (cooling and heating systems)، برودت شناسی (cryogenics)، سردسازی (refrigeration)، احتراق (combustion)، تبدیل انرژی، و تنش های گرمایی (thermal stresses).
۲. فن هم استنادی نویسنده به این معناست که اگر دو نویسنده به طور مشترک همزمان در بیش از دو اثر مورد استناد واقع شوند، نوعی ارتباط فکری میان آن دو نویسنده وجود خواهد داشت. هر چه تعداد این استنادهای مشترک و همزمان فزونی یابد، ارتباط فکری میان آن دو نویسنده نیز قدرتمندتر خواهد شد.

3. Morris and Martens

4. Dogan

۵. این شاخص، که اصلی ترین شاخص ساختاری مورد استفاده در بررسی پویایی شناسی یک شبکه، محسوب و با Q مشخص می شود، میزان تقسیم پذیری شبکه به بلوک های مستقل را نشان می دهد و عددی بین صفر و یک است. بنابراین شبکه ای را که ماجولاریتی کمی داشته باشد، نمی توان به خوشه هایی با مرزهای مشخص تقسیم کرد. حال آنکه یک شبکه با ماجولاریتی بالا، نشانگر شبکه ای ساختاریافته است. با وجود این اگر این شاخص به عدد یک نزدیک شود، نشانگر انزوای اعضای شبکه است. به عبارت دیگر ماجولاریتی یک شبکه، میزان و کیفیت اتصالات بین گروه هایی از نویسندگان پایه معینی را می سنجد که در خوشه های مختلف دسته بندی شده اند. صاحب نظران باور دارند که با افزایش میزان ارتباطات شبکه ای بین نویسندگان پایه و روند میان رشته ای و چندرشته ای یک حوزه موضوعی، این شاخص کاهش می یابد. به این صورت که اگر خوشه های مختلف، کمتر با همدیگر در ارتباط باشند یا در صورت برقراری ارتباط، ضعیف باشد، ماجولاریتی کل بالا خواهد بود. در مقابل اگر خوشه ها به دلیل رویه بین رشته ای، میان رشته ای و چندرشته ای موجود در حوزه موضوعی در هم بافته باشند، ماجولاریتی کاهش خواهد یافت. از این نظر ماجولاریتی، شاخص بی بدیلی در شناسایی روند پویایی شناسانه یک حوزه موضوعی است.

۶. این شاخص، نشانگر عدم قطعیتی است که باید در تفسیر ماهیت یک خوشه در نظر داشت. عدد ۱ نشانگر آن است که با بیشترین قطعیت می توان درباره آن خوشه اظهار نظر کرد، چرا که تمام اعضای خوشه مشابه با هم، و تمام آنها با دیگر اعضای خوشه ها نامشابه هستند. با وجود این اگر ارتباطها و اشتراک هایی بین نویسندگانی وجود داشته باشد که در چند خوشه فعالیت

داشته‌اند، ولی این ارتباطات در یک خوشه بیش از سایر خوشه‌ها باشد، شاخص سیلهوئت به‌عنوان شاخص تفسیر قطعیت خوشه، کاهش می‌یابد. همچنین باید یادآوری کرد اگر شاخص سیلهوئت، عددی کمتر از $0/6$ باشد، کمتر می‌توان درباره ماهیت آن اظهار نظر کرد و تفسیر ارائه‌شده از آن کمتر با واقعیت مطابقت دارد. در کل میزان سیلهوئت برای یک نویسنده پایه، عددی بین ۱- تا ۱+ است.

۷. نیمه عمر استنادی یا مورد استناد ۷، تعداد سال‌های قبل از سال کنونی هستند که عامل نیمی از کل استنادات دریافت‌شده توسط نویسنده یا مجله مورد استناد در همان سال هستند. از آنجا که این شاخص، برگرفته از شاخص نیمه عمر استنادی مجله است، بر مبنای آن تعریف می‌شود. به‌عنوان نمونه اگر در جی.سی.آر. ۲۰۰۹۷، نیمه عمر مورد استناد مجله الف ۷ باشد به این معناست که مقالات منتشر شده آن مجله بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۹، عامل پنجاه درصد استنادهای دریافتی مقالات آن مجله هستند. بنابراین می‌توان گفت که اگر نیمه عمر استنادی نویسنده‌ای بالا باشد، یعنی مقالات منتشر شده توسط وی همچنان از ارزش و پایداری موضوعی برخوردارند.

۸. این شاخص که برای هر گره موجود در شبکه تعریف می‌شود، اغلب بر موقعیت یک گره تأکید دارد، به این صورت که این گره تا چه حدی، دیگر گره‌های موجود در شبکه را به همدیگر متصل می‌کند. بنابراین با بالا بودن این شاخص برای یک گره خاص (نویسنده پایه)، میزان واسطگی و میانجی‌گری بین گره‌ها افزایش می‌یابد، اگر در سطح خوشه‌ای نیز بحث کنیم، با افزایش میزان میانگین شاخص مرکزیت میانی، نقش واسطگی و میانجی‌گرانه یک خوشه (تخصص) در آن حوزه موضوعی افزایش خواهد یافت. بر این مبنای محاسبه میانگین کل خوشه‌ها نیز می‌توان به میزان ارتباط شبکه‌ها با همدیگر پی برد. می‌توان گفت نویسندگان پایه شناسایی شده با مرکزیت میانی بالا، مستعد قرار گرفتن در میان گره‌های انقلابی شبکه هستند و به عبارت دیگر نقطه عطف ۸ یک حوزه موضوعی یا تخصص به‌شمار می‌روند.

۹. یکی از شاخص‌های ارزیابی شبکه‌ای در سطح محلی، الگوریتم گوگل پیجرنک است. این الگوریتم که توسط لری پیجر ۹ و سجوی برین ۹ توسعه یافته است، مرکزیت یک گره درون یک شبکه را به صورت بازگشتی بر اساس مرکزیت گره‌هایی که در طول یک گام تصادفی با احتمالی از پیش تعیین شده از خیز تصادفی به یک گره کاملاً جدید متصل می‌شوند، توصیف می‌کند. به عبارت دیگر پیجرنک در این پژوهش ارزش رتبه‌بندی هر نویسنده را در شبکه، بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های موضوعی وی (اعم از حوزه پژوهشی مورد علاقه نویسنده) نشان می‌دهد. پیجرنک بر این پیش‌فرض استوار است که پیوندی هم‌استنادی از نویسنده الف به نویسنده ب شاید نشانگر آن باشد که نویسنده الف علاقه‌مند به نویسنده ب است. بنابراین اگر نویسنده‌ای پیوندهای متعددی از دیگر نویسندگان داشته باشد، می‌توان نتیجه گرفت که نویسندگان متعددی علاقه‌مند به آثار وی هستند و آن نویسنده را می‌توان مهم و با کیفیت

ارزیابی کرد. به علاوه در این رویکرد، دریافت پیوند از نویسندگان مهم از اهمیت بیشتری برخوردار است، تا دریافت پیوند از یک نویسنده کمتر شناخته شده. بنابراین اهمیت یک نویسنده بر اساس مجموع اهمیت نویسندگانی محاسبه می شود که به آن ارجاع کرده اند.

10. Emerald
11. MEHRDAD
12. Co-Authorship
13. Khosrokhavar, Etemad & Mehrabi
14. Chen, Hou, Hu, & Liu
15. Samoylenko, Liu & Chen
16. Chen, Song & Zhu
17. Vargas-quesada, , Chinchilla-rodriguez & Gonzalez-molina
18. Dwivedi
19. Lin, Wang, & Tsai
20. Hou & Chen
21. Plain Text
22. CSV
23. XML

۲۴. شاخصی برای نشان دادن میزان ارتباط هم استنادی میان دو نویسنده است. هر چه این ارتباط بیشتر باشد، این ضریب نیز افزایش می یابد و در واقع بیانگر میزان اجماع نویسندگان یک حوزه در زمینه ارتباط فکری دو نویسنده است.

۲۵. یکی از انواع الگوریتم های تولید خود کار گراف، اسپرینگ امبدر است. این نوع الگوریتم ها، امکان نمایش حجم انبوهی از داده ها را در فضای محدودی فراهم می آورند. به علاوه از این طریق، امکان بررسی ساختاری شبکه و پویایی شناسی آن نیز فراهم می شود. این الگوریتم بازنمایی به صراحت زیر گروه های شبکه را از همدیگر متمایز، به خوبی فرآیند گذار را در میان شبکه های همجوار نشان می دهد و به نحوی طراحی شده که از تقاطع پیوندها جلوگیری می کند.

۲۶. این نوع شبکه ها که در واقع بر الگوریتم های مسیریاب به عنوان یکی از شناخته شده ترین الگوریتم های هرس شبکه ای مبتنی هستند، پیش بینی پذیری و تفسیر پذیری بالایی دارند. الگوریتم های مسیریاب، شبکه را چنان هرس می کنند که پیوندهای مهم در وسط شبکه حفظ شوند.

۲۷. نوعی الگوریتم قدرتمند خوشه بندی با استفاده از روابط شبکه ای است. از مزیت های این نوع خوشه بندی نسبت به سایر خوشه ها، ارائه بهترین و بهینه ترین ساختار و دسته بندی بدون پیش فرض اولیه است.

۲۸. فراوانی عبارت - فراوانی سندی معکوس ۲۸. یکی از الگوریتم های مورد استفاده در نامگذاری تخصص های شناسایی شده است. این الگوریتم، جنبه (های) برجسته یک تخصص را نشان می دهد.

۲۹. یکی از الگوریتم های مورد استفاده در نامگذاری تخصص های شناسایی شده است. مقادیر \log likelihood عبارت هایی را نشان می دهند که در مجموعه متون مختلف با همدیگر متفاوت

هستند و این مهم از طریق شناسایی عبارتهایی صورت می‌گیرد که بیشترین تفاوت فراوانی نسبی معنادار را دارند.

۳۰. سنجه زمانی شناسایی شکوفایی افزایش فراوانی میزان استناد دریافتی یک نویسنده را از نظر آماری بررسی و معناداری نوسان استنادی وی را در بازه زمانی کوتاه‌تر شناسایی می‌کند. استفاده از این شاخص در بررسی نوسان‌های استنادی نویسندگان در دوره‌های زمانی مختلف سودمند است. با توجه به اینکه بررسی استنادی نویسندگان در طولانی مدت، نتایج کمتر اثربخشی در ارزیابی میزان تأثیرگذاری آنها در آن حوزه موضوعی در برخواهد داشت، استفاده از این شاخص در شناسایی جنبه‌های ناپایدار یک حوزه موضوعی بسیار مهم ارزیابی می‌شود. از این رو در این پژوهش طبق الگوی ارائه شده توسط چن (۲۰۰۶) بر مبنای الگوریتم کلینبرگ (۲۰۰۲)، نوسان‌های اثرگذاری نویسندگان پایه هر حوزه موضوعی بر اساس دو شاخص شدت و میزان سال‌های تأثیرگذاری بررسی می‌شوند. شدت اثرگذاری، میزان تأثیرگذاری یک نویسنده در یک حوزه موضوعی را در بازه زمانی معینی منعکس می‌کند. میزان سال‌های اثرگذاری نیز، تعداد سال‌هایی را نشان می‌دهد که گفتمان ایجاد شده توسط نویسنده، در آن حوزه موضوعی مورد توجه بوده است.

۳۱. سنجه زمانی سیگما نشانگر تازگی آرا و نظریه‌های نویسندگان پایه هر حوزه موضوعی است و طبق پژوهش انجام شده توسط چن و همکاران (۲۰۰۹) پیش‌بینی می‌شود برندگان جایزه‌های پژوهشی چون نوبل، از نظر این شاخص نمره بالایی کسب کنند. این شاخص که اولین بار توسط چن و دیگران (۲۰۰۹) مطرح شده است بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شود: (شاخص مرکزیت میانی + ۱) شکوفایی استنادی.

۳۲. از دیگر شاخص‌هایی که بر اساس فشردگی ساختار شبکه‌ای یک حوزه موضوعی، اطلاعاتی برای مقایسه حوزه‌های موضوعی مختلف فراهم می‌کند، شاخص تراکم شبکه‌ای است. تراکم، نسبت تعداد پیوندهای مشاهده شده درون یک شبکه به تعداد پیوندهایی است که از دیدگاه نظری در شبکه تصادفی، احتمال وقوع آنها ۱ باشد. از این رو می‌توان گفت که افزایش شاخص تراکم، نشانگر فزونی تعداد کنشگران شبکه‌ای متصل‌تر است. در چنین وضعیتی اطلاعات و منابع موجود در یک شبکه (که در این پژوهش شبکه علمی یک حوزه موضوعی است) افزایش می‌یابد. صاحب‌نظران باور دارند که می‌توان افزایش شاخص تراکم یک شبکه را نشانه بلوغ آن دانست.

۳۳. این شاخص در واقع نشانگر ارتباط شبکه‌ای زیر شبکه‌های مختلف هر حوزه موضوعی در بستر بستر بازه‌های زمانی چهارگانه مورد بررسی است. هر چه این زیر شبکه‌ها بیشتر به هم وصل شوند، شاخص مذکور افزایش می‌یابد. اصلی‌ترین شاخص برای نشان دادن پویایی شناسایی شبکه‌ای، ماجولاریتی است. عموماً این شاخص عددی بین صفر و یک است. بالا بودن

ماجولاریتی یک شبکه، نشانگر ساختاریافتگی بیشتر آن و کاهش آن، نشان‌دهنده پویایی آن شبکه خواهد بود.

۳۴. نوعی الگویتیم خوشه‌بندی نرم است که امکان دسته‌بندی مجموعه‌ای از اقلام اطلاعاتی را بر اساس چندین شاخص و مشخصه فراهم می‌آورد. به‌عنوان نمونه در این پژوهش نویسندگان پایه هر حوزه موضوعی، بر اساس ترکیبی از شاخص‌های شبکه‌ای، استنادی و زمانی به دسته‌های مختلف دسته‌بندی شدند.

منابع

۱. ابراهیمی، سعیده و عبدالرسول جوکار (۱۳۸۹). وضعیت انتشارات علمی دانشگاه‌های علوم پزشکی ایران بر مبنای شاخص‌های کمی و کیفی علم سنجی در سال‌های ۱۹۹۷-۲۰۰۶. *مدیریت اطلاعات سلامت*. ۷(۳): ۲۷۰-۲۸۲
۲. اعتماد، شاپور و یحیی امامی، اکبر حیدری، محمدنبی سربلوکی، محمدرضا مهرداد (۱۳۸۲). ساختار معرفتی علم در ایران (سال ۲۰۰۱). *نامه علوم اجتماعی*، شماره ۲۱، مهر ۸۲: ۲۱۹-۲۴۲.
۳. دانش فرشید، عبدالمجید امیرحسین، افشار مینا، موسوی فر صدیقه، فرهادی فاطمه. (۱۳۸۸). همبستگی میان تولید علم و میزان همکاری گروهی دانشمندان علوم کتابداری و اطلاع‌رسانی در جهان، *پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات*، ۲۵(۱): ۵-۲۲.
۴. زوارقی، رسول (۱۳۹۱). ترسیم و تفسیر ساختار فکری در علوم جمهوری اسلامی ایران (۱۹۹۰-۲۰۰۹): بررسی انتقادی. رساله دکتری دانشگاه تهران.
۵. صبوری، علی اکبر (۱۳۸۵). تولید علم ایران در سال ۲۰۰۶. *رهیافت*، شماره ۳۸، پاییز و زمستان: ۴۰-۴۵.
۶. صبوری، علی اکبر (۱۳۸۹). تولید علم ایران در سال ۲۰۰۹. *فصلنامه نشاء علم*، ۱(۱): ۱-۶.
۷. صبوری، علی اکبر (۱۳۹۰). تولید علم ایران در سال ۲۰۱۰. *فصلنامه نشاء علم*، ۱(۲): ۱۶-۲۳.

۸. صبوری، علی اکبر؛ پورسازان، نجمه (۱۳۸۵). تولید علم ایران در سال ۲۰۰۵. رهیافت، شماره ۳۷ بهار و تابستان.
۹. صدیق سروسناتی، رحمت‌الله (۱۳۸۰). هم پژوهشی و هم نویسی در ایران. نامه علوم اجتماعی، شماره ۱۸ (پاییز و زمستان): ۸۹-۱۳۲
۱۰. عصاره، فریده و عبدالرضا نوروزی چاکلی و مریم کشوری (۱۳۸۹). هم نویسی پژوهشگران ایران در نمایه های استنادی علوم، علوم اجتماعی، هنر و علوم انسانی در پایگاه های وب اف ساینس در سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶. علوم و فناوری اطلاعات، ۲۵(۴): ۵۷۳-۵۹۵.
۱۱. منصوریان، یزدان (۱۳۸۹). پنجاه محور پژوهشی در مطالعات علم سنجی. کتاب ماه کلیات، (مهر ۸۹): ۶۴-۷۱.
۱۲. نوروزی چاکلی، عبدالرضا و نورمحمدی، حمزه علی (۱۳۸۶). وضعیت تولیدات علمی ایران و کشورهای منطقه در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ بر اساس آمار مؤسسه اطلاعات علمی (ISI). تهران: مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.
۱۳. نوروزی چاکلی، عبدالرضا و نورمحمدی، حمزه علی (۱۳۸۶). وضعیت تولیدات علمی ایران و کشورهای منطقه در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ بر اساس آمار مؤسسه اطلاعات علمی (ISI). تهران: مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.
۱۴. نوروزی چاکلی، عبدالرضا؛ محمد حسن زاده، نورمحمدی، حمزه علی (۱۳۸۷). تحلیلی بر اشاعه دانش ایران در جهان (۱۹۹۳ تا ۲۰۰۷). تهران: مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.
15. Chen, C. (2006). CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends. *Journal of the American Society for Information Science*, 57(3), 359-377. doi:10.1002/asi
16. Chen, C. (2009). Thematic maps of 19 iSchools. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, 45(1), 1-12. doi:10.1002/meet.2008.1450450242.
17. Chen, C., Hou, H., Hu, Z., Liu, S. (2011) An illuminated path: The impact of the work of Jim Thomas. In John Dill, Rae Earnshaw, David Kasik, John Vince, Pak Chung Wong. (Eds.) *Expanding the Frontiers of Visual Analytics and Visualization*. Springer. pp 9-30.
18. Chen, C., Song, I., & Zhu, W. (2007). Trends in conceptual modeling: Citation analysis of the ER conference papers (1979-2005). In D. T.-S. and H. F. Moed (Ed.), *Proceedings of the 11th International Conference on the International Society for Scientometrics and Infometrics* (pp. 189-200). Madrid, Spain: CSIC.

19. Chen, C., Y. Chen, M. Horowitz, H. Hou, Z. Liu, & D. Pellegrino (2009). Towards an Explanatory and Computational Theory of Scientific Discovery 1 Introduction. *Journal of Informetrics Special Issue on Science of Science*: 1-32.
20. Dogan, M. (2001). Specialization and recombination of specialties in the social sciences. In N. J. Smelser & P. B. Balters (Eds.), *International encyclopedia of social and behavioral sciences* (pp. 14851–14855). New York: Elsevier.
21. Dwivedi, Y. K., Mustafee, N., Carter, L. D., & Williams, M. D. (2010). A Bibliometric Comparison of the Usage of Two Theories of IS / IT Acceptance (TAM and UTAUT) A Bibliometric Comparison of the Usage of Two Theories of IS / IT Acceptance (TAM and UTAUT). In *Proceedings of the Sixteenth Americas Conference on Information Systems*, Lima, Peru, August 12-15, 2010. 1.
22. Egghe, L. (2010). Good Properties of Similarity Measures and Their Complementarity. *Journal of the American Society for Information Science*, 61(June), 2151–2160. doi:10.1002/asi.
23. Hou, J., & Chen, H. (2011). Countries Co-citation Network and Research Fronts of International Energy Technology. *International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining* (pp. 551–552). IEEE. doi:10.1109/ASONAM.2011.23
24. Kamada, T. and Kawai, S. (1989). An Algorithm for Drawing General Undirected Graphs. *Information Processing Letters*, 31, 7-15.
25. Khosrokhavar, F., Etemad, S., & Mehrabi, M. (2004a). Report on Science in Post-Revolutionary Iran — Part I: Emergence of a Scientific Community ? *Critique: Critical Middle Eastern Studies*, 13(2), 209-224. doi: 10.1080/1066992042000244335.
26. Khosrokhavar, F., Etemad, S., & Mehrabi, M. (2004b). Report on Science in Post-Revolutionary Iran — Part II : The Scientific Community's Problems of Identity. *Critique: Critical Middle Eastern Studies*, 13(3), 363-382. doi: 10.1080/1066992042000300693.
27. Kleinberg, J. (2002). Bursty and hierarchical structure in streams. *Proceedings of the 8th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 91–101), Edmonton, Alberta, Canada: ACM Press.
28. Kostoff, R. N., Briggs, L. M. B., Rushenberger, R. L., Bowles, C. A., & Pecht, M. (2006). *The Structure and Infrastructure of Chinese Science and Technology*. OFFICE OF NAVAL RESEARCH ARLINGTON VA. Retrieved from www.fas.org/irp/world/china/docs/science.pdf
29. Kostoff, R. N., Río, J. A., Cortés, H. D., Smith, C., Smith, A., Wagner, C., et al. (2007). Clustering methodologies for identifying country core competencies. *Journal of Information Science*, 33(1), 21-40. doi: 10.1177/0165551506067124.
30. Lin, Tsai-yuan, W. Yi-chou, and T. Chung-lin (2010). TRENDING AND MAPPING THE INTELLECTUAL STRUCTURE OF SOCIAL BEHAVIOR STUDIES: a study of the social behavior and personality journal. *Social Behavior and Personality*, 38:1229-1242.
31. MEHRDAD, M., HEYDARI, A., SARBOLOUKI, M., & ETEMAD, S. (2004). Basic science in the Islamic Republic of Iran. *Scientometrics*, 61(1), 79-88.

32. Morris, S. A., & Martens, B. V. D. V. (2008). Mapping Research Specialties. *Annual Review of Information Science and Technology*, 213–295.
33. Osareh, F., & K. W. McCain (2008). The Structure of Iranian Chemistry Research, 1990–2006: An Author Cocitation Analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 59(13), 2146-2155. doi: 10.1002/asi.
34. Samoylenko, I., Chao, T., Liu, W., & Chen, C. (2006). Visualizing the Scientific World and Its Evolution. *Journal of the American Society for Information Science*, 57(11), 1461–1469. doi:10.1002/asi
35. Schvaneveldt, R.W. (1990). *Pathfinder associative networks*. Norwood, NJ: Ablex.
36. Small, H. G. (1980). Co-citation context analysis and the structure of paradigms. *Journal of Documentation*, 36(3), 183–196.
37. Vargas-quesada, B., Moya-aneon, F. D., Chinchilla-rodriguez, Z., & Gonzalez-molina, A. (2010). Showing the essential science structure of a scientific domain and its evolution. *Information Visualization*, 9 (December 2009), 288 – 300. doi:10.1057/ivs.200933.



پیوست. دسته‌بندی نویسندگان پایه و مرجع حوزه موضوعی ترمودینامیک بر اساس شاخص‌های زمانی، استنادی و شبکه‌ای

جدول ۱. دسته‌بندی نویسندگان پایه و مرجع حوزه موضوعی ترمودینامیک بر اساس شاخص‌های زمانی، استنادی و شبکه‌ای

نویسندگان پایه و مرجع	خوشه و خصیصه
BEJAN A GRIGOROPOULOS CP ADAMS RA KHOSHKBARCHI MK CHIEN CH MOSHFEGHIAN M DEFIBAUGH DR MAEZAWA Y ESLAMI H IHM G PARSAFAR G SONG Y DECASTRO CAN GHATEE MH BOUSHEHRI A GAO YL ETEMAD SG LAWAL A CHEN CC WU YT ALBERT MR JAMIALAHMADI M CONEY JER DELLENBACK PA	خوشه اول: نویسندگان به نسبت تأثیرگذار محوری
ESLAMI MR GOODWIN RD PERRY RH MANSOORI GA PITZER KS AZIZ RA DYMOND JH SONG YH	خوشه دوم: نویسندگان تأثیرگذار با محوریت عمده
OZISIK MN PATANKAR SV PRAUSNITZ JM BARKER JA BARTHEL J BLUM L VARGAFTIK NB CHEUNG S MCQUARRIE DA WEEKS JD RENON H WALTER H ALBERTSSON PA	خوشه سوم: نویسندگان به نسبت پیشکسوت تأثیرگذار با محوریت نسبی

ادامه جدول ۱. دسته‌بندی نویسندگان پایه و مرجع حوزه موضوعی ترمودینامیک براساس شاخص‌های زمانی، استنادی و شبکه‌ای

ECKERT ERG REAMER HH SCATCHARD G KAY WB CARNAHAN NF MICHELS A FLORY PJ ROBINSON RA KLINE SJ	خوشه چهارم: نویسندگان پیشکسوت تأثیر گذار محوری
AMJADY N DARBANDI M DEYHIMI F GHANADZADEH H GOHARSHADIEK NIELD DA MARCUS Y NASRIFAR K ZAFARANIMOATTAR MT HAGHTALAB A GANJI DD LIAO SJ CHOI SUS XUAN YM	خوشه پنجم: نویسندگان به نسبت جوان تأثیر گذار محوری
MORRIS WD ASSELINEAU L CUNNINGHAM JR HIZA MJ KARLA H STEIN RP DJORDJEVICH L FREDENSL.A GUN RD HAKUTA T BESSERER GJ KALRA H LIN HM SOAVE G SHAH RK SADEGHIPOUR MS SPARROW EM STEPHAN K OTA T	خوشه ششم: نویسندگان به نسبت تأثیر گذار پیشکسوت کمتر تأثیر گذار محوری
HOOMAN K SADEGHI R HE JH	خوشه هفتم: نویسندگان جوان بسیار تأثیر گذار با محوریت حداقل